LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS

UNE RELIQUE RARISSIME : LE CYPRÈS DE DUPREZ

On voit ici le plus grand exemplaire de la station de Tamrit, à 1 750 m d'altitude dans le Tassili des Ajjers (Sahara central) (*Photo* A. S. Balachowsky).

N° 3237 – Janvier 1955 Revue mensuelle Le Numéro : 200 francs

Actualités et informations

Photographie sur aluminium

La reproduction de plaques d'identité, cadrans, diagrammes de câblage, échelles d'instruments, notices d'instructions, etc., peut être effectuée photographiquement sur des plaques d'aluminium photosensibles oxydées électrolytiquement, mises sur le marché américain sous le nom de « Metalphoto ». Les photographies et dessins sont obtenus à partir de négatifs ordinaires, et traités en chambre noire suivant les techniques et bains de développement normaux. L'image obtenue, fixée d'une façon permanente dans la couche oxydée, garde ses dimensions, supporte des températures allant jusqu'à 540° C et résiste aux acides, sels et solvants organiques.

*
* *

L'extraction des minerais de fer en Lorraine, qui fut de 32 745 000 t en 1951, s'est élevée en 1952 à 37 774 500 t, en augmentation de 15,6 pour 100. Ce progrès est dû principalement au développement de la mécanisation. En 1938, le rendement à l'abatage était de 10,7 t ; de 15,5 t en 1951, il est passé à 17 t en 1952. Pour les mêmes années, le rendement au fond est passé de 6,75 t à 8 et à 8,57 t et le rendement au fond et au jour de 5,2 à 5,99 et à 6,41 t.

*
* *

On fait maintenant, pour l'usinage des métaux, des outils de coupe en carbure de titane aggloméré avec du nickel, à l'exclusion du carbure de tungstène et du cobalt.

*
* *

Les premiers tissus en fibres de téryléne ont été fabriqués et mis en vente en Allemagne, à Crefeld. Les fabricants déclarent que ces tissus sont très résistants au soleil et aux intempéries. Ils ne tachent pas et peuvent être nettoyés à l'eau.

*
* *

Un nouvel enduit pour surfaces métalliques a été mis au point par une firme américaine. Il est constitué par une suspension de carbure de tungstène d'une extrême finesse dans une matière plastique dont la composition n'a pas été révélée. Les surfaces ainsi traitées sont susceptibles de nombreuses applications par suite de leur dureté.

SOMMAIRE

LE TREMBLEMENT DE TERRE D'ORLÉANSVILLE ET LA SÉISMICITÉ DE L'ALGÉRIE

L'INSONORISATION DES WAGONS

LES ENFANTS-LOUPS

LA SIXIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

RETOUR AU TURBOPROPULSEUR

UNE RELIQUE RARISSIME DU SAHARA : LE CYPRÈS DE DUPREZ

LES ACIDES ORGANIQUES DANS LA PHOTOSYNTHÈSE

TOUT ÉTAIT FAUX A PILTDOWN

L'INDUSTRIE DE L'ALUMINIUM (2)

GEORGES FOURNIER

L'industrie française du jute en 1954

La Nature a exposé (juillet 1954, p. 254) la remarquable vitalité de l'industrie française de transformation des fibres de jute. L'année 1954 a vu se développer encore cette activité, malgré les menaces qui pèsent sur l'approvisionnement en raison des inondations du Pakistan et de l'instabilité économique de ce pays. Les chiffres de production pour 1954 sont les suivants : filés, 92 000 t, soit une légère augmentation sur 1953 ; tissus, 72 000 t, en augmentation de près de 5 pour 100 sur l'année précédente. Les exportations totales ont atteint 26 000 t, en très faible diminution.

*
* *

En Californie on utilise un dispositif électronique pour le triage des citrons en cinq catégories, d'après leur couleur ; l'appareil débite de 4 à 5 citrons à la seconde.

*
* *

L'achèvement du nouveau frigorifique du port de Dakar permet d'envisager la création d'une industrie rentable de la pêche, avec congélation et expédition du poisson sur la métropole et à l'étranger.

Nouveau support pour films

Du Pont de Nemours (U.S.A.) annonce la mise au point d'un nouveau support pour films cinématographiques, à base de polyesters, plusieurs fois plus résistant que les supports actuels et présentant en outre une grande stabilité et une même résistance à la flamme. Des essais ont montré que ce nouveau support résiste à 17 000 pliages alors que les films de sécurité habituels se rompent après 24 pliages ; aucun signe de dommages aux perforations n'a pu être constaté après 3 900 passages dans un projecteur, tandis que pour les films ordinaires les perforations sont hors d'usage après 1 400 projections. La résistance élevée de ce nouveau support permet en outre de réduire l'épaisseur des films, avantage de poids pour le transport et de volume par mètre de film.

*
* *

D'après une étude du Comité économique du Commonwealth, la consommation mondiale de laine a atteint en 1953, avec 2 600 millions de livres anglaises, un record qui n'a été dépassé qu'une seule fois, quand en 1950, anormalement stimulée par le déclenchement de la guerre de Corée, elle s'éleva à 2 681 millions de livres anglaises.

*
* *

En Israël, la superficie des terres cultivées aurait atteint 358 300 ha en 1952-1953, dont 60 000 ha de terres irriguées. Les projets du gouvernement prévoient une augmentation de cette superficie jusqu'à 365 000 ha en 1959-1960, la surface des terres irriguées atteignant alors 179 000 ha.

*
* *

A l'École des hautes études agronomiques de Wageningen (Pays-Bas), des expériences sont actuellement en cours pour extraire l'albumine de l'herbe et des plantes dans un but nutritif.

*
* *

Des experts néerlandais ayant reconnu en Éthiopie des terres favorables à la culture du riz, deux sociétés néerlandaises envisagent de participer à la fondation d'une société pour la riziculture dans ce pays. Après des essais sur 10 ha, on compte établir une exploitation de 500 ha qui serait progressivement étendue.

LA NATURE

Revue mensuelle

DUNOD, Éditeur

92, rue Bonaparte,
PARIS-6e

C. C. P. Paris 75-45 — Tél. DAN. 99-15

ABONNEMENTS 1955

France et Union fre : **un an : 2 000 francs six mois : 1 000 francs**

Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) :
un an : 2 500 francs six mois : 1 250 francs

Belgique et Luxembourg :
un an : 325 f belges six mois : 163 f belges

Changement d'adresse : 30 F en timbres-poste français
ou l'équivalent en monnaie étrangère

« La Nature » se réserve l'exclusivité des articles publiés et de leurs illustrations.
Aucune reproduction, traduction ou adaptation
ne peut être publiée sans l'autorisation expresse de l'éditeur.

N° 3237 Janvier 1955

LA NATURE

Le tremblement de terre d'Orléansville et la séismicité de l'Algérie

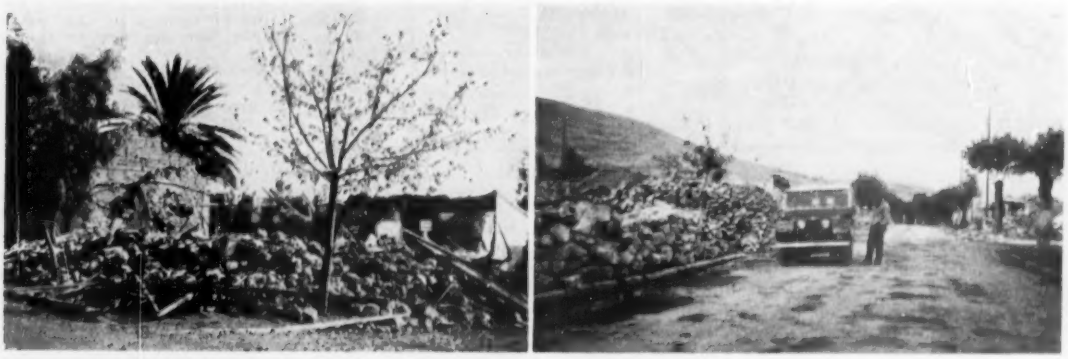


Fig. 1 et 2. — *A gauche :* ***Le bureau de poste de Flatters ;*** *à droite :* ***La rue principale de Hanoteau un mois après le séisme : pas une seule maison n'a subsisté*** *(Photos J. Rothé).*

Quels que soient les progrès de ses connaissances, l'homme ne pourra jamais empêcher certains cataclysmes naturels, comme les éruptions volcaniques et les tremblements de terre. Mais il peut dans une grande mesure tenter de les prévoir et en limiter les effets. Le terrible séisme d'Orléansville a suscité dans toute la nation un grand élan de solidarité. Il doit aussi porter son enseignement pour l'avenir. Au retour de l'enquête scientifique qu'il a menée sur place, l'éminent spécialiste qu'est le professeur J. P. Rothé, directeur de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Strasbourg, a bien voulu résumer pour nos lecteurs ses premières observations et la leçon qui doit s'en tirer.

★

Le 9 septembre 1954, à 01^h04^m, une catastrophe séismique est venue endeuiller l'Algérie. L'ampleur des dégâts — comme aussi les enregistrements obtenus dans les stations séismologiques — montrait qu'il s'agissait d'un phénomène d'une intensité inaccoutumée. Le séisme d'Orléansville venait s'inscrire dans la longue liste des catastrophes qui périodiquement ébranlent le pourtour du Bassin méditerranéen. Depuis 100 ans sans doute, aucune secousse n'avait en Algérie atteint cette violence : plus de 1 200 morts étaient dénombrés, 5 000 blessés devaient être secourus; les destructions se chiffrent en dizaines de milliards de francs.

Géographie et géologie de la région épicentrale. — La région épicentrale est située à 150 km environ à l'ouest d'Alger, sur le flanc sud de la chaîne littorale du Dahra. Ce nom d'origine arabe signifie *dos*; le Dahra se présente en effet comme un énorme dos de terrain qui se détache du massif de Miliana et se poursuit vers l'ouest entre la mer et la large dépression de la plaine du Chélif. Le Dahra comprend au nord une région montagneuse et forestière dont l'altitude dépasse 1 000 m : le Djebel Bissa culmine à 1 157 m, le Djebel Sidi Bernous à 1 146 m et le Djebel Takelout, un peu à l'est d'Hanoteau, atteint encore 1 041 m (fig. 3). Ce dernier sommet domine directement une région d'altitude moyenne dont les cotes ne dépassent pas 700 m et qui est constituée par une série de vallonnements surmontés de plateaux gréseux s'inclinant progressivement vers la plaine du Chélif. Cette zone, par contraste avec la première, est généralement nue; l'agriculture s'en est emparée et d'immenses champs de céréales la recouvrent; en automne le paysage est celui de chaumes desséchés ondulant à perte de vue au flanc des collines. Des groupes de gourbis sont installés çà et là sur les plateaux ou, parfois même très dangereusement, sur les versants abrupts des vallons; ils sont reliés entre eux par des pistes précaires. La population indigène est assez dense (40 à 60 habitants au km²) : les douars Beni-Rached et Medinet-Medjadja comptent à eux deux plus de 14 900 habitants. Des centres de colonisation se sont bâtis à proximité des points d'eau, en particulier à Flatters, Hanoteau et Chassériau.

Plus au sud encore la plaine du Chélif forme la grande voie

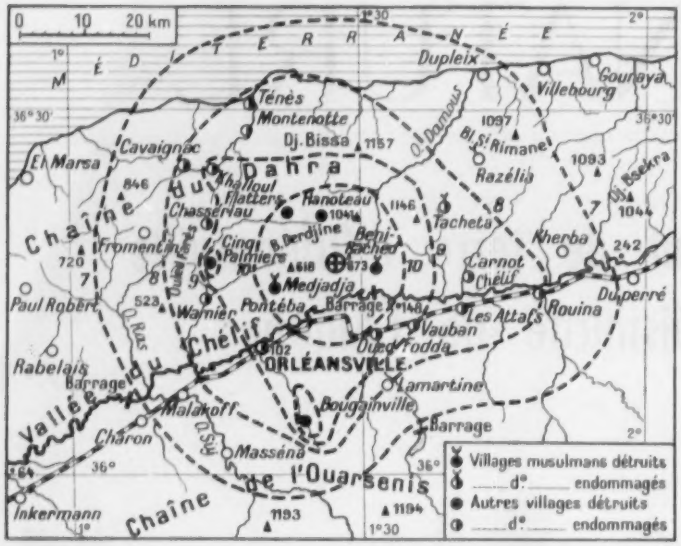


Fig. 3. — *Carte des isoséistes dans la zone voisine de l'épicentre du séisme d'Orléansville.*

Degré VI : crépis fendillé, vaisselle brisée, cloches mises en branle, chute de plâtras.

Degré VII : maisons légèrement endommagées, lézardes dans les murs, chute de cheminées, écroulement de minarets de mosquées ou d'églises mal construites.

Degré VIII : sérieux dommages, fentes béantes dans les murs, chute de la plupart des cheminées, chute de clochers d'églises ; renversement ou rotation des statues, des monuments funéraires, etc.

Degré IX : de solides maisons de construction européenne sont sérieusement endommagées, un grand nombre rendues inhabitables ; d'autres s'écroulent plus ou moins complètement.

Degré X : la plupart des bâtiments en pierres et en charpentes sont détruits avec leur fondations ; fentes dans les murs en briques, rails de chemins de fer légèrement recourbés, dommages aux ponts, tuyaux de conduites et canalisations brisés ou refoulés les uns dans les autres ; fissures dans les terrains humides, éboulements.

Degré XI : destruction totale des bâtiments de pierre, des ponts, des digues ; larges déchirures et crevasses dans le sol ; grands éboulements de terrain.

Degré XII : rien ne demeure plus des œuvres humaines ; importants changements dans la topographie.

de communication est-ouest; elle est suivie par la route nationale et la voie ferrée Alger-Oran. En réalité, cette grande dépression, que le Chélif parcourt sur près de 200 km de longueur, n'est pas continue; elle est séparée par des seuils en trois bassins successifs : en amont, la plaine d'Affreville, puis la plaine des Attafs et enfin, en aval du seuil qui s'étend entre Oued-Fodda et Pontéba, la plaine d'Orléansville et d'Inkermann. Le Chélif enfonce au travers des seuils ses méandres surimposés; dès 1878, un barrage, dit « barrage de Pontéba » a pu être établi dans la partie resserrée du second seuil et tout un réseau de conduites d'irrigation assure à la plaine d'Orléansville une grande fertilité. La ville elle-même, fondée par le maréchal Bugeaud sur les ruines d'une cité romaine, était construite suivant un plan de rues se coupant à angles droits; étape à mi-chemin entre Alger et Oran, ce centre commercial important comptait au moment du séisme une population de 18 000 habitants dont un quart environ était venu d'Europe.

Au point de vue géologique, les hauts sommets de la partie nord du Dahra sont constitués par des terrains crétacés; la région des collines appartient à une zone d'ennoyage où la mer miocène s'est avancée en déposant d'épaisses couches de marnes bleues surmontées de marnes à *tripolis*. Une sédimentation plus détritique est représentée par les grès marins pliocènes qui couronnent les plateaux. Les collines plus basses qui dominent immédiatement la plaine du Chélif sont formées de pliocène supérieur à faciès continental qui marque l'émersion du Bassin néogène. C'est au cours de cette dernière période que se place la phase orogénique principale qui a dessiné les traits structuraux du bassin et relevé les couches pliocènes qui plongent sous les alluvions quaternaires de la plaine du Chélif.

Carte des isoséistes. — Afin de déterminer, avec le plus de précision possible la position de l'épicentre par le tracé d'une carte d'isoséistes, nous avons cherché par une étude sur le terrain à chiffrer les dégâts dans l'échelle des intensités habituellement utilisée (échelle Mercalli-Sieberg). Les éléments qui permettent de définir les différents degrés de cette échelle sont les suivants :

Degré V : ébranlement constaté par toute la population ; réveil des dormeurs.

La zone d'intensité X englobe les villages de Flatters, Hanoteau et Pontéba, villages de colons aux maisons relativement bien construites et qui furent entièrement détruits (fig. 1 et 2); dans ces villages le nombre des victimes européennes fut heureusement faible, de nombreux habitants, protégés parfois contre la chute des plafonds par les meubles de leurs chambres, purent être dégagés sains et saufs. Il n'en fut pas de même dans les villages musulmans englobés dans la même zone, en particulier dans les douars Medinet-Medjadja, Beni-Djernine, Tacheta et Beni-Rached : les habitants couchés sous leurs gourbis, surpris en plein sommeil, furent assommés par la chute des poutres et des pierres placées sur les toits de chaume. Le village des Beni-Rached fut complètement isolé par les éboulements qui coupèrent la route qui le relie à Orléansville; le caïd et le garde-champêtre étaient gravement blessés, et personne parmi les survivants, frappés d'épouvante par la répétition des secousses et les bruits souterrains qui les accompagnaient, ne réussit à gagner la ville pour donner l'alarme. C'est seulement le 11 dans l'après-midi qu'on apprit que Beni-Rached était entièrement détruit et qu'on y comptait plus de 300 morts.

Dans la zone d'intensité X s'observent les nombreuses cassures et fractures dont il sera question plus loin; à cette même zone appartiennent encore les points de la voie ferrée Oran-Alger où ont été constatés des déformations de rails, des tassements et fissurations de remblais, des dislocations dans les voûtes de plusieurs ouvrages. Ces dégâts s'étendent principalement du km 192,200 au km 196,700. Les gares de Pontéba et du Barrage ont été complètement détruites. Grâce aux précautions immédiatement prises, il n'y a pas eu d'accident de chemin de fer et la circulation au ralenti a pu être reprise au bout de quelques heures.

Ainsi tracée, l'isoséiste X a une forme à peu près circulaire centrée sur un point de coordonnées 36°17′ N, 1°28′ E, point situé au voisinage du Djebel Tadjamoumat à 5 km à l'ouest du centre du village des Beni-Rached et à 18 km au nord-est d'Orléansville (fig. 3).

En dehors de cette zone principale, l'intensité X doit encore être attribuée au hameau des Cinq-Palmiers sur la route d'Orléansville à Ténès, où la destruction était totale et au village

Fig. 4 et 5. — *A Orléansville.* *A gauche :* ***Rotation d'une croix sur une dalle funéraire ;*** *à droite :* ***Déblaiement de l'immeuble H. L. M. de neuf étages complètement écroulé.***
(*Photo* J. Rothé). (*Photo* Orlando).

de Bougainville où 26 sur 28 maisons furent complètement abattues. Le village de Bougainville était construit sur un coteau *en pente*, formé de *terrains mous*, argilo-marneux du miocène : ainsi s'explique la recrudescence d'intensité qui y a été constatée.

L'intensité IX caractérise les dégâts observés à Orléansville où la plus grande partie des maisons est inhabitable; cependant les dégâts sont irrégulièrement répartis dans la ville et dépendent surtout du mode de construction : une villa assise sur de solides fondations est presque intacte, immédiatement à côté du monceau de décombres qui marque l'emplacement de l'immeuble H. L. M. de neuf étages, orgueil d'Orléansville et bien inconsidérément construit (fig. 5); les deux tours de la cathédrale se sont effondrées, arrachant une partie de la nef et les tirants en béton qui la renforçaient (fig. 6); le principal hôtel de la ville, qui avait récemment été surélevé — cause d'hétérogénéité, donc de faiblesse —, ensevelissait sous ses ruines une vingtaine de voyageurs. Parfois ce sont les maisons d'angle qui ont le plus souffert (ainsi l'angle du Collège moderne, fig. 7), parfois seules les façades orientées vers le nord-est ou vers le sud-ouest sont tombées (fig. 8), indiquant ainsi — à 180 degrés près — la direction de l'épicentre.

L'intensité IX a été atteinte également à Khalloul, au Col de Kerba, dans la partie ouest du douar Medjadja, à Oued Fodda, dans les fermes situées entre Flatters et les Heumis.

L'intensité décroît un peu (VIII-IX) à Cavaignac où de nombreuses façades reconstruites après le séisme du 25 août 1922 sont tombées, alors que les piliers en béton soutenant les toits sont restés intacts, protégeant ainsi les habitants.

La même intensité s'observe à Chassériau (gendarmerie très endommagée), aux Heumis, à Montenotte (mairie lézardée, plusieurs vieilles maisons détruites, cheminées tombées), Vauban, Warnier (lézardes importantes, chute du clocher de l'église en direction WSW).

L'intensité VIII correspond aux dégâts observés à Carnot, Saint-Cyprien, Sainte-Monique, Ténès, Vieux-Ténès. Dans ces deux dernières localités, c'est la secousse du 10 septembre à 5^h45 du matin qui a causé les dégâts et non celle du 9. L'épicentre de cette deuxième secousse a dû, en effet, être très voisin de Ténès : la caserne et l'hôpital, aux deux extrémités de la

Fig. 6, 7, 8. — *A Orléansville.* *De gauche à droite :* ***Les deux tours de la cathédrale se sont effondrées ; le déblaiement de l'angle des bâtiments du Collège moderne de jeunes filles ; chute d'un pan de façade, rue Lebland.***
(*Photo* J. Rothé). (*Photo Gouvernement général de l'Algérie*). (*Photo* J. Rothé).

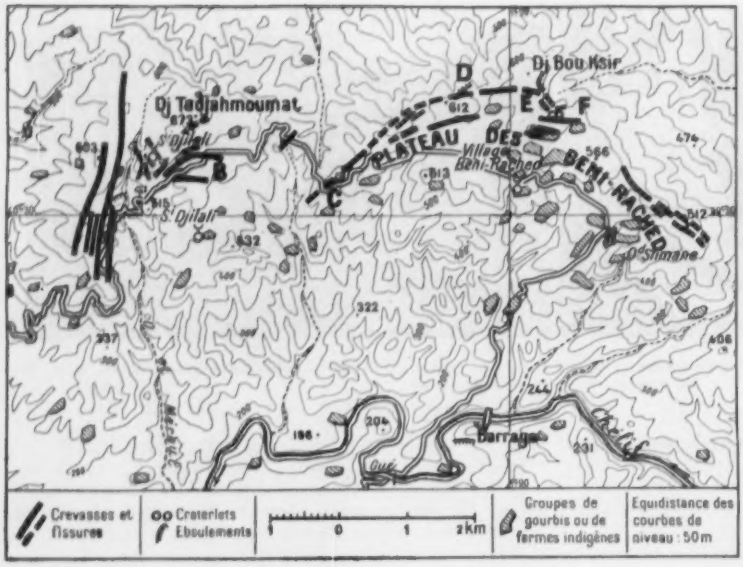


Fig. 9. — *Fragment de la carte des fractures et cassures.*
(D'après J. Rothé).

ville, ont beaucoup souffert ainsi que le café du Globe et plusieurs maisons. Des maisons se sont lézardées ou même effondrées dans le village indigène de Vieux-Ténès.

De légers dégâts (lézardes, chute de plâtras) s'observent à Rouina, Fromentin, Kherba, Lamartine, Les Attafs, Malakoff, Dupleix, Francis-Garnier (degré VII).

Le tracé des courbes isoséistes de degrés moindres a pu être effectué grâce à l'enquête effectuée par questionnaires diffusés par l'Institut de Météorologie et de Physique du Globe d'Alger. Notons que l'intensité V (réveil de la majeure partie de la population) a été notée à Alger où les habitants des étages élevés des nouveaux buildings ont été pris de panique, à Boufarik, Burdeau, Marengo, Médéa, Molière, Mostaganem, Relizane, Tiaret, etc.

Enfin la limite de la surface macroséismique est approximativement un cercle de 220 à 230 km de rayon : la secousse a été ressentie jusqu'à Aumale, Tizi-Ouzou, mais ne l'a pas été à Bougie, Maillot, Tlemcen, Sidi-Bel-Abbès, etc.

On remarquera que la surface macroséismique (150 000 km²) est relativement faible pour une secousse d'intensité X à XI à l'épicentre.

Effets du séisme sur le terrain. — La formation de cassures et de fractures, d'éboulements et de glissements sont des phénomènes classiques qui accompagnent les grandes secousses. Dans le paysage dénudé des collines miocènes des Medjadja et des Beni-Rached, ces cassures courant par monts et par vaux apparaissaient comme des traînées sombres visibles à des kilomètres de distance. Il convient cependant de ne pas confondre cassures séismiques et ravins d'érosion : la « signature du cataclysme », photographie très spectaculaire publiée par un hebdomadaire illustré à grand tirage, n'était qu'un vallon d'oued antérieur au séisme !

Au cours d'une mission sur le terrain exécutée avec la collaboration de Mlle Grandjean et de M. Gourinard, de l'Université d'Alger [1], j'ai pu suivre et cartographier de nombreuses cassures dont le développement total dépasse 20 km (fig. 9). Auparavant des observations faites en avion et hélicoptère avaient permis de situer le plus grand nombre d'entre elles dans la région du village des Beni-Rached.

On peut classer ces effets superficiels en quatre catégories :

1) De grands affaissements, dont le plus impressionnant s'est produit au voisinage d'Ouled-Ben-Ali, un peu à l'est du village de Medinet-Medjadja. Là une grande fracture en fer à cheval, de 400 m environ d'ouverture, s'est creusée au flanc de la colline; les masses de terrain meuble situées à l'intérieur du fer à cheval se sont brutalement affaissées de 2 à 3 m et se sont mises à glisser en direction de la vallée du Chélif. Brusquement stoppée, la masse solifluante a formé un bourrelet de 3 m de hauteur. Bien entendu les maisons et gourbis entraînés par le mouvement de glissement ont été disloqués et détruits (fig. 10, 11).

Un autre important éboulement (fig. 12) de masses de marnes miocènes est visible sur le flanc nord-ouest du Djebel Bou Ksir (point D de la carte schématique, fig. 9).

Des glissements de moindre importance s'observent sur les pentes raides qui dominent la route montant au village des Beni-Rached.

2) Un réseau de cassures de direction grossièrement nord-sud : certaines de ces cassures se suivent pendant plusieurs kilomètres. Elles présentent souvent des rejets de quelques décimètres, mais parfois au contraire se réduisent à des fissures sans rejet courant à travers les champs.

Au voisinage du marabout de Sidi-Djilali, deux de ces cassures forment un véritable petit « graben » de 300 m de largeur environ. Les deux fractures parallèles montrent des rejets en sens inverse et qui dépassent 1 m de hauteur. Le col où est situé le marabout s'est affaissé de 1 m environ; le marabout s'est complètement effondré (fig. 13).

A partir de là on observe une série de grandes fractures divergentes qui tendent à prendre une direction est-ouest. Certaines de ces fractures avaient une profondeur de plus de 3 m et une ouverture au sommet d'environ 50 cm. L'une d'elles recoupe la route au point B (fig. 14). On raconte qu'un berger qui campait sur le terrain avec son troupeau vit la terre s'entrouvrir et plusieurs de ses moutons disparaître dans la crevasse béante.

On a l'impression que l'ensemble de cette région s'est soulevé puis est retombé en se cassant. Cette zone se trouve très probablement à l'aplomb du foyer du séisme.

3) Une grande cassure formant un arc de cercle autour du plateau des Beni-Rached se suit sur plus de 6 km de longueur. Cette cassure tantôt présente un rejet important de l'ordre de 60 cm à 1 m (fig. 16), tantôt au contraire s'anastomose en petites fissures. La cassure est souvent sinueuse; il ne s'agit donc pas d'une ligne de faille au sens strict du mot. M. Gourinard pense que son tracé est influencé par celui de la crête topographique qui culmine au Djebel Bou Ksir et que cette cassure manifeste la tendance que les marnes miocènes ont eue à se décoller sous les grès pliocènes qui forment les crêtes et à glisser vers le bas de la vallée du Chélif.

1. Je tiens à remercier tous ceux qui ont facilité ma mission, en particulier l'ingénieur général Bétier, directeur du Service de la Carte géologique d'Algérie, et l'ingénieur en chef Drouhin, directeur du Service de l'Hydraulique, qui m'ont procuré les moyens matériels et ont mis à ma disposition la documentation déjà recueillie par leurs services.

Fig. 10 à 13. — *En haut :* ***A Ouled Ben Ali*** *; à gauche :* ***Glissement de terrain dans le douar Medinet-Medjadja*** *; à droite :* ***Destruction d'une ferme indigène et, au premier plan, le sol boursouflé par le glissement de terrain.*** *En bas, à gauche :* ***Décollements des marnes miocènes au Djebel Bou Ksir (point D de la carte de la figure 7).*** *En bas, à droite :* ***Le « graben » du marabout de Sidi Djilali (point A de la figure 9).*** Derrière le marabout, la grande fracture nord-sud ; en avant, fissures dans le terrain ; au fond, le Djebel Tadjahmoumat.

(*Photos* J. Rothé).

4) Enfin une autre manifestation superficielle, déjà observée à l'occasion de quelques grands séismes, a consisté en la formation de petits volcans de sable jaune, appelés *craterlets*. Il s'agit de jaillissements de sources le long de fissures; l'eau très chargée en sable dépose ses matériaux en forme de petits cônes de 5 à 10 cm de hauteur et dont la base peut atteindre 1 m de diamètre. De tels craterlets sont visibles au voisinage de la maison indigène — aujourd'hui complètement rasée — installée sur les ruines romaines de Haci el Hammam (4 km au nord-ouest de Sidi-Djilali) ainsi qu'aux environs mêmes du village des Beni-Rached.

Aux effets sur le terrain il faut ajouter les effets sur les barrages et sur les conduites d'irrigation. Si le grand barrage de l'Oued-Fodda, au sud de Lamartine, est resté parfaitement intact, par contre le vieux barrage de Pontéba situé dans la zone épicentrale (carte fig. 9) a basculé

Fig. 14. — ***Cassure au bord de la route des Beni Rached (point B de la figure 9).***

(*Photo* J. Rothé).

Fig. 15. — ***Fissure à flanc de coteau (point C de la figure 9).***

(*Photo* Corret).

Fig. 16. — *Fracture au sommet du Djebel Bouksir (point E de la figure 9).*
Le sommet est constitué par des rochers de grès pliocènes.
(*Photo* J. Rouré).

Fig. 17. — *Fissures en échelons (point B de la figure 9).*
(*Photo* Cornet).

d'environ 40 cm, la rive droite (nord) étant maintenant plus haute que la rive sud (fig. 18). Les culées en béton coulé il y a deux ans sur les deux rives pour renforcer le barrage ont été fissurées. Par ailleurs, la conduite souterraine qui du barrage dérive l'eau vers le réseau d'irrigation de la plaine d'Orléansville a été fortement endommagée : les viroles d'acier qui réunissent les différents tronçons se sont comprimées et télescopées en formant des bourrelets ; plusieurs des éléments de conduite (2,50 m de diamètre en béton précontraint) ont cassé et les morceaux ont chevauché les uns sur les autres; dans toute cette zone située au sud du plateau des Beni-Rached les efforts de compression sont considérables. Une étude de détail de ces effets est entreprise par le Service de la colonisation et de l'hydraulique.

L'organisation des secours. — Il convient de dire quelques mots sur la façon remarquable dont les secours ont été immédiatement organisés. Quelques minutes après la première secousse, l'alarme et l'alerte furent données dans le cadre du plan Orsec (Organisation des secours) que le directeur du Service de la protection civile, M. Vrolyk, fut chargé d'appliquer. En même temps, le gouverneur général Léonard, arrivé le premier sur les lieux, coordonnait l'ensemble des moyens civils et militaires à mettre en œuvre, aidé par la municipalité d'Orléansville et son maire, M. Biscambiglia.

Le tableau statistique suivant fixe l'étendue de la catastrophe :

	Tués			Destructions	
	Européens	Musulmans	Total	Maisons	Gourbis
Communes de plein exercice :					
Orléansville (et Pontéba)	52	116	168	3 702	4 044
Oued Fodda (et Vauban)	—	187	187	50	2 380
Cavaignac (et Khalloul)	—	2	2	104	800
Carnot	—	44	44	132	1 656
Montenotte	1	15	16	120	700
Ténès	—	1	1	?	750
Les Attafs	—	—	—	117	1 033
Communes mixtes :					
Chélif (Warnier, Bougainville, douar Beni-Rached, douar Medinet-Medjadja, douar Ouled-Farès, etc.)	2	445	447	2 159	4 725
Ténès (Flatters, Hanoteau, Chassériau, douar Beni-Derdjine, etc.)	11	249	26	207	5 000
Les Braz (douar Tacheta, etc.)	—	118	118	661	2 883
Cherchel (douars)	—	—	—	4	1 414
Ouarsenis (douars)	—	—	—	20	465
	66	1 177	1 243	7 276	25 850

Dans un intéressant rapport, M. Vrolyk indique ce que fut l'ampleur des tâches nombreuses et difficiles qu'il était nécessaire d'accomplir d'urgence : déblayer les voies d'accès, dégager les victimes, prévenir tout risque d'incendie, transporter les blessés dans un hôpital de fortune, assurer sur place les premiers soins médicaux, acheminer les grands blessés sur les formations chirurgicales de l'Algérois, replier sur des zones calmes les enfants et les vieillards, mettre la population restante sous abri provisoire et organiser sa sécurité et son ravitaillement en vivres et en vêtements.

A partir de 10 h du matin le 9 septembre, soit moins de 9 h après la secousse catastrophique, un pont aérien était établi entre Alger et l'aérodrome de fortune d'Orléansville. Ce pont aérien fonctionnait à la cadence d'un décollage toutes les 20 minutes, ce qui permit en particulier l'évacuation urgente de 403 grands blessés.

Le séisme avait atteint non seulement la plaine du Chélif relativement accessible, mais encore la région de hautes collines, dont il a été question plus haut, qui s'élève jusqu'à 1 000 m d'altitude et dont l'accès est rendu très difficile faute de routes et même de pistes. Trois hélicoptères atterrissant sur les aires de battage des céréales — petites plates-formes de quelques mètres carrés de surface — apportaient sur place dans les douars les plus éloignés des secours aux blessés et évacuaient 65 victimes gravement atteintes.

En même temps le ravitaillement en vivres et en vêtements se développait grâce à l'action coordonnée de l'Intendance militaire, du Service central de secours aux sinistrés, de diverses associations de bienfaisance (Croix-Rouge, Secours catholique) et de groupements syndicaux. Plus de 500 t de vivres, 15 000 couvertures, 20 t d'objets de literie, 150 t de vêtements furent distribuées, aussi bien aux habitants d'Orléansville qu'à ceux des hameaux les plus éloignés.

Il devenait nécessaire de reloger les sinistrés et M. Vrolyk indique encore que le Service central de secours aux sinistrés achemina et répartit plus de 6 500 tentes et bâches pouvant abriter 60 000 personnes; 360 000 perches ou poutres furent livrées gratuitement par le Service des Eaux et Forêts ainsi que plus de 50 000 m² d'éléments légers de toitures qui per-

mirent très rapidement aux habitants des douars de remplacer par des habitations provisoires leurs gourbis effondrés.

La reconstruction d'Orléansville pose un problème plus ardu et plus long à résoudre; tant qu'un nombre suffisant de baraques préfabriquées n'aura pu être installé, les malheureux habitants, encore sous la tente, seront soumis aux intempéries de l'hiver.

L'annonce de la catastrophe a déclenché en France et dans les pays amis un vaste mouvement de solidarité et les souscriptions en faveur des sinistrés d'Orléansville ont atteint des dizaines de millions dans de nombreux départements.

Fig. 18. — *Le barrage de Pontéba basculé.*
L'eau ne s'écoule plus que par la moitié droite du barrage.
(Photo Service de l'Hydraulique).

Étude microséismique ; profondeur du foyer ; répliques. — La secousse principale du 9 septembre à 01^h04^m a été inscrite dans la plupart des stations séismologiques du monde entier. La propagation des ondes longitudinales à partir de l'épicentre macroséismique a été tout à fait conforme à la propagation théorique des ondes séismiques à foyer superficiel : l'écart entre le temps calculé et le temps réellement observé à l'arrivée des ondes P aux différentes stations est, quelle que soit la distance, toujours très faible, compris entre 0 et 2 s (pour des durées de trajet allant jusqu'à 12 mn). Cette excellente concordance dont on trouvera le détail dans le *Bulletin mensuel du Bureau central international de Strasbourg*, prouve que l'épicentre choisi est correct et que le foyer du séisme est peu profond.

D'après l'amplitude du mouvement du sol mesuré aux différents observatoires séismologiques, il est possible de déduire la *magnitude* du séisme dans l'échelle logarithmique de Richter et l'*énergie* libérée au foyer du séisme du 9 septembre. La magnitude a pour valeur 6,7, ce qui correspond à une énergie libérée voisine de 10^{24} ergs (1). Cette énergie déjà importante reste cependant environ 70 fois plus faible que celle du grand séisme qui ébranla la Californie en juillet 1952 et 3 000 fois plus faible que celle du choc qui, le 15 août 1950, bouleversa l'Himalaya dans le Haut-Assam.

Nous venons de dire que le foyer de la secousse principale était probablement peu profond. La formule de Gutenberg :

$$\frac{r}{h} = \sqrt{10^{\frac{I_0}{2} - \frac{1}{2}} - 1}$$

permet une évaluation approximative de la profondeur h du foyer en fonction de I_0 (intensité maximum à l'épicentre) et de r (rayon de la surface macroséismique). Avec $r = 220$ km et $I_0 = 10$, on trouve $h = 8$ à 9 km.

Un grand séisme est toujours suivi de secousses plus ou moins fortes appelées *répliques* qui peuvent apparaître pendant plusieurs mois. Le séisme d'Orléansville n'a pas échappé à cette règle et au moment où j'écris (novembre 1954), plus de 350 répliques ont déjà été ressenties ou inscrites. On comprend aisément que la répétition de ces secousses entretienne dans la région épicentrale une impression d'insécurité qui sape le moral de la population : redoutant une nouvelle catastrophe, les habitants n'osent plus se réinstaller dans les maisons encore debout et s'inquiètent aux moindres frémissements.

Les répliques les plus fortes se sont produites le 9 septembre à 09^h32^m, le 10 à 05^h45^m, le 16 à 22^h18^m (cette secousse a fait tomber à Orléansville de nombreuses maisons endommagées les jours précédents), les 12, 19 et 21 octobre, le 12 novembre.

En réalité ces répliques ne se produisent pas toutes au même foyer. Nous avons pu déterminer que la secousse du 10 septembre à 05^h45^m (dont la magnitude atteignait encore 6,2) était

1. On admet que la bombe atomique « classique » libère une énergie de 10^{21} ergs et que la bombe thermonucléaire du type qui a explosé à Bikini le 1er mars 1954 est environ 1 000 fois plus forte.

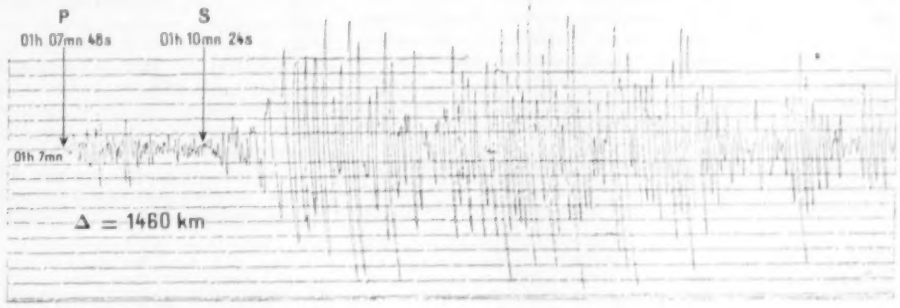


Fig. 19. — *Le séisme d'Orléansville inscrit à Strasbourg sur appareil Wiechert : composante nord-sud.*
Le mouvement du sol a atteint à Strasbourg 340 μ.
(Document Institut de Physique du Globe de Strasbourg.

originaire du Golfe de Ténès (36°6 N, 1°3 E), point situé sur le flanc nord du massif du Dahra, à 40 km de l'épicentre de la secousse dévastatrice de la veille.

Par ailleurs, ainsi qu'il ressort des cartes isoséistes tracées à Alger par Mlle Grandjean le foyer s'est, au courant du mois d'octobre, déplacé vers l'est et s'est localisé dans la région de Carnot où avait eu lieu en 1934 un séisme destructeur.

S'il y a eu de nombreuses répliques, il ne semble pas par contre qu'on ait signalé de *chocs prémonitoires* qui auraient pu alerter la population. On rappellera seulement qu'un séisme, fortement ressenti à Chassériau, Flatters et Pontéba, s'était déjà produit le 8 février 1950 au foyer de la secousse dévastatrice du 9 septembre 1954.

Un fait curieux nous a été indiqué par l'ingénieur général Julien, directeur du Service des câbles sous-marins. Le 9 septembre, vers 01^h25^m, cinq câbles télégraphiques sous-marins ont été rompus en Méditerranée au large de Ténès; en particulier le câble Marseille-Oran 32 s'est rompu entre les points de coordonnées 36°30′ N, 0°20′ E et 36°40′ N, 0°40′ E. Dans la même région le câble Gibraltar-Malte 4 a dû être réparé : il était alternativement sain et endommagé sur une longueur de 30 milles nautiques. La zone où ces câbles se sont rompus se trouve en fait à plus de 90 km de l'épicentre du séisme du 9 et à environ 60 km de celui du 10 septembre. Il est possible que ces dégâts soient imputables non pas au séisme d'Orléansville lui-même, mais plutôt à un mouvement issu d'un foyer sous-marin situé sur le flanc nord, submergé, du Dahra et qui aurait joué « en relais » du choc initial. On peut penser aussi à l'action de courants boueux sous-marins analogues aux « Turbidity currents » décrits par Ewing sur les Bancs de Terre-Neuve et mis en mouvement par la secousse.

Cause géologique du séisme ; séismicité de l'Algérie. — Si la géologie de surface permet d'expliquer souvent certains *effets* des secousses séismiques, il est rare qu'elle puisse en donner la *cause*. Certes les récentes études géologiques, faites en Oranie et dans la vallée du Chélif (1), nous ont appris que pendant tout le quaternaire les chaînes côtières d'Algérie ont subi une lente surrection, tandis qu'au contraire certaines zones manifestent une subsidence active le long des grandes lignes de flexures. Le Dahra appartient à la première catégorie, la vallée du Chélif à la seconde.

Nous avons dit plus haut que les foyers des récentes secousses séismiques ont apparu successivement sur les deux flancs du Dahra. Ainsi on peut penser que le « séisme d'Orléansville » n'a pas consisté en un mouvement ponctuel à partir d'un seul foyer, mais qu'en réalité c'est le massif du Dahra dans son ensemble qui a bougé, le mouvement sur le flanc sud ayant amené presque immédiatement un mouvement (compensateur ?) sur le flanc nord. Ce mouvement a dû s'exécuter suivant un axe nord-sud qui coïncide avec l'un des accidents tectoniques « transversaux » décrits par L. Glangeaud.

Le Dahra a-t-il subi une déformation permanente ? Je souhaite que l'Institut géographique national donne à cette question une réponse en réitérant des mesures de nivellement de précision le long des principaux itinéraires de cette région. Il est également souhaitable que de nouvelles mesures gravimétriques permettent de se rendre compte si les grandes anomalies gravimétriques déjà décelées dans la vallée du Chélif et en bordure du Dahra se sont modifiées à la suite des mouvements récents.

Lorsqu'on cherche une explication à la séismicité de la région d'Orléansville, il ne faut pas oublier que le Dahra, les chaînes littorales, et plus généralement l'Atlas tellien constituent seu-

1. Y. Gourinard, *Le littoral oranais, 19e Congrès international de géologie*, monographies régionales, n° 22, Alger, 1952 ; Soc. Nationale R.E.P.A.L., Le bassin néogène du Chélif, *id.*, n° 16, Alger, 1952 ; L. Glangeaud, Histoire géologique de la province d'Alger, *id.*, n° 25, Alger, 1952.

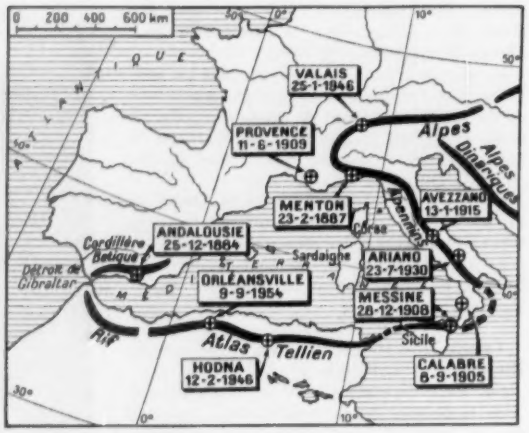


Fig. 20. — ***L'axe du plissement alpin et les épicentres des catastrophes séismiques de 1884 à 1954.***

(D'après J. Rothé).

lement l'un des éléments de la vaste zone séismique qui coïncide avec l'axe du plissement alpin. Cette zone est jalonnée par les Alpes occidentales, les Apennins, la Sicile et se poursuit par le Rif et la Cordillère Bétique en Espagne, enveloppant par le sud tout le bassin de la Méditerranée occidentale. Chaque année de nombreuses secousses se produisent le long de cet axe et de temps en temps l'énergie développée est suffisante pour entraîner de véritables catastrophes. J'ai indiqué sur la carte schématique (fig. 20) les épicentres de quelques-unes de ces grandes secousses dévastatrices. Au cours des 70 dernières années, plusieurs d'entre elles ont causé de lourdes pertes de vies humaines (Menton-Diano Marina, 23 février 1887, 640 morts; Avezzano, 13 janvier 1915, 29 978 morts; Ariano-Melfi, 13 juillet 1930, 1 425 morts; Calabre, 8 septembre 1905, 533 morts, 1 820 blessés; Messine-Reggio, 28 décembre 1908, 83 000 morts; Hodna, 12 février 1946, 246 morts; Andalousie, 25 décembre 1884, 745 morts, 1 500 blessés). Le séisme d'Orléansville vient à son tour aggraver ce tragique bilan.

De nombreux séismes sont chaque année ressentis en Algérie et périodiquement certains d'entre eux peuvent atteindre une énergie assez grande pour entraîner des dégâts et des pertes de vies humaines (1).

Rappelons ici le séisme du 3 février 1716 qui provoqua de grands dégâts à Alger et amena le Dey à ordonner des mesures spéciales à appliquer pour réaliser des constructions aussi aséismiques que possible. La catastrophe du 9 octobre 1790 joua un rôle historique : bouleversant Oran, elle amena la révolte des Arabes contre les Espagnols qui durent quitter l'Afrique.

Citons encore le séisme qui fit 7 000 victimes à Blida en 1825, la destruction de Gouraya et Villebourg en 1891, la secousse du 24 juin 1910 au voisinage d'Aumale qui fut presque aussi forte que celle de septembre 1954, la catastrophe des monts du Hodna le 12 février 1946. Sur la carte (fig. 21), j'ai reporté la position des épicentres des 72 principales secousses ressenties depuis 1790.

D'une manière générale on peut dire que les épicentres des séismes algériens jalonnent les grandes zones anticlinales; il ne faut cependant pas vouloir rechercher une coïncidence trop

1. Voir : J. P. Rothé, Les séismes de Kerrata et la séismicité de l'Algérie, *Bull. Service de la Carte géologique d'Algérie*, 4e série, Géophysique, n° 3, Mende, 1950, p. 1-40, 1 carte d'épicentres

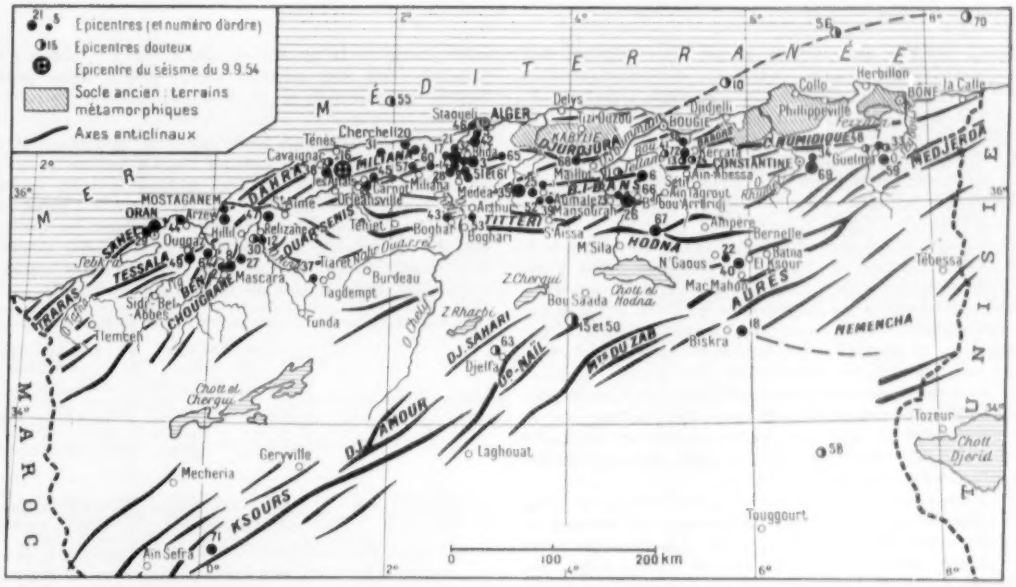


Fig. 21. — *La séismicité de l'Algérie : principaux épicentres.*
La croix indique l'épicentre du séisme du 9 septembre 1954 (D'après J. Rothé).

étroite avec les anticlinaux de surface. Les séismes sont d'autant plus fréquents que les plissements sont plus récents : comme dans l'ensemble de la zone alpine, les séismes marquent en Algérie la continuité de l'effort orogénique et apparaissent tantôt sur un point, tantôt sur l'autre de la zone active. Cette migration des épicentres est apparente quand on la mesure avec notre échelle chronologique humaine; en fait, à l'échelle des temps géologiques, les secousses se produisent presque simultanément aux divers points de l'Atlas tellien.

La leçon du séisme d'Orléansville. — Dans le mémoire cité plus haut, j'écrivais il y a quatre ans (p. 40) : « Si les secousses séismiques n'ont pu compromettre l'essor de la colonisation, il convient cependant qu'administrateurs et architectes aient l'attention attirée sur la séismicité de l'Algérie, afin de pouvoir, dans les nouvelles constructions, prendre toutes dispositions utiles. Tous les 30 ou 40 ans, un séisme d'une magnitude supérieure à 6 peut se produire en un point quelconque des chaînes actives et entraîner des dégâts importants ».

Le séisme d'Orléansville a cruellement souligné la nécessité de réaliser en Algérie des constructions anti-séismiques. Deux séismologues américains, qui venaient d'étudier les effets du grand séisme de Californie de juillet 1952, ont pu écrire qu'il est aujourd'hui beaucoup plus facile de se protéger contre les tremblements de terre que contre les autres fléaux naturels : tornades, typhons, inondations; il suffit, pour une augmentation de prix relativement modique, de construire des bâtiments appropriés [1].

Un certain nombre de règles doivent être respectées dans les pays soumis aux tremblements de terre : éviter les sols meubles, sableux, tourbeux, alluvionnaires, les terrains en pente; établir des fondations homogènes et profondes, soigneusement chaînées et engagées dans le sol dur; réaliser une liaison très résistante entre les fondations et la superstructure; réduire autant que possible la hauteur des bâtiments et surtout le rapport de la hauteur à la largeur, éviter les ouvertures de trop grandes dimensions, les voûtes sans tirants, les corniches, les balustrades, les balcons et tous les éléments de la construction mal liés à l'ossature; en ce qui concerne la superstructure, il faut abaisser le plus possible le centre de gravité et éviter les toitures lourdes, assurer l'indéformabilité de l'ossature par de bons chaînages horizontaux. Il convient de prendre des mesures de précaution supplémentaires dans les immeubles d'angle. L'hétérogénéité des matériaux de construction est une cause de dissociation par suite des différences de densité et d'inertie, les matériaux les plus lourds venant faire saillie.

Des règlements destinés aux architectes ont été édictés en Californie, au Japon, en Italie, en Turquie, en Grèce. Une commission du ministère français de la Reconstruction élabore à son tour, avec la collaboration des géophysiciens, des recommandations fixant les coefficients de forces séismiques à introduire dans le calcul des contraintes, coefficients qui dépendent du caractère de la séismicité de la région, de la nature du sous-sol et de la nature des fondations.

Cette réglementation devrait s'appliquer non seulement à l'Algérie, mais encore au sud de la France qui, rappelons-le, n'est pas à l'abri de catastrophes séismiques : le séisme qui ravagea le 23 février 1887 la Riviera italienne fit à Menton et à Nice des dégâts importants; le séisme de Provence détruisit le 11 juin 1909 plusieurs villages entre Salon et Aix-en-Provence. La douloureuse leçon d'Orléansville ne doit pas être perdue.

J. P. Rothé,
Professeur à l'Université de Strasbourg, Secrétaire général de l'Association internationale de Séismologie et de Physique de l'Intérieur de la Terre.

[1] J. J. P. Buwalda and P. Saint-Amand, The Recent Arvin-Tehachapi, Southern California, Earthquake (*Science*, 1952, vol. **116**, p. 645-650).

L'insonorisation des voitures de voyageurs

La *Revue générale des Chemins de fer* (août 1953) et *Rail et Route* (septembre 1954) ont publié des renseignements concernant les essais d'insonorisation en cours à la S.N.C.F. On sait que le bruit est produit par le frottement du rail et de la roue : l'énergie sonore émise enveloppe la voiture d'un réseau d'ondes plus ou moins intenses, tandis qu'une autre énergie vibratoire est transmise à la caisse par l'intermédiaire des essieux et des boggies : c'est le bruit « solide » opposé au bruit « aérien ».

L'idéal serait évidemment de réduire l'intensité sonore à la source; la construction des rames Michelin sur pneus a été une expérience intéressante mais limitée. La mise en service de rails soudés de grande longueur (jusqu'à 800 m) a donné de bons résultats, mais ne peut être généralisée dans l'immédiat, vu les importantes dépenses entraînées [1]. Aussi cherche-t-on des palliatifs en réduisant le plus possible la pénétration dans les voitures du bruit extérieur et la transmission du bruit solide. L'interposition de matériaux plastiques ou de joints en caoutchouc entre des parties métalliques frottantes donne des résultats sensibles, mais ces joints sont susceptibles de chauffer et de s'user rapidement.

Les essais concernent surtout le bruit aérien. Des observations sont réalisées en laboratoire, afin de déterminer l'influence de matériaux insonorisants appliqués sur les cloisons et planchers (fibres de verre collées, fibres d'amiante projetées); puis a lieu le contrôle sur la voie, toujours au même endroit, et à une vitesse donnée (120 km/h). Des microphones détectent dans les voitures des bruits qui sont enregistrés par magnétophone ultra-sensible. Après l'essai, ces bruits sont reproduits seuls et analysés à l'aide d'un sonomètre et d'un filtre d'une demi-octave; comparés au niveau sonore d'une conversation normale, ces bruits font apparaître une plus ou moins grande intelligibilité de la parole; on admet que l' « indice d'intelligibilité » est bon dans un compartiment donné quand il dépasse 60 pour 100; il est médiocre de 60 à 30 pour 100, mauvais au-dessous.

Une voiture de grandes lignes datant de 1951 en acier inoxydable allégé (34 t) et un autorail 300 CV ont été traités intérieurement par application d'un matelas fibreux; les revêtements intérieurs métalliques ont fait place à l'isorel ou au contreplaqué ignifugé; d'autres améliorations ont été apportées. La comparaison entre une voiture ordinaire non traitée et la voiture traitée, ainsi qu'entre un autorail de même type et l'autorail traité ressort du tableau ci-après :

	Compartiments du milieu		Compartiments extrêmes	
	Niveau global (décibels)	Indice d'intelligibilité	Niveau global (décibels)	Indice d'intelligibilité
Voiture non traitée . .	82 dB	33 pour 100	87 dB	19 pour 100
Voiture traitée . . .	73,5 dB	68 pour 100	80,5 dB	47 pour 100
Autorail non traité . .	81 dB	41 pour 100	83 dB	22 pour 100
Autorail traité . . .	78 dB	51 pour 100	80 dB	41 pour 100

On remarquera l'élévation très sensible de l'indice d'intelligibilité de la parole dans le cas des voitures traitées. Les expériences et les recherches se poursuivent afin de déterminer, en fonction du poids, de l'efficacité acoustique et du prix, les solutions les plus rationnelles.

1. Voir : Silence dans le train ! *La Nature*, juin 1953, p. 171.

Les oiseaux de l'île Bannec

Selon le *Bulletin de l'Union internationale pour la protection de la nature*, l'attention des naturalistes se porte actuellement sur quelques îlots du littoral breton où de nombreux oiseaux marins trouvent asile, notamment à l'île Bannec, entre Ouessant et Molène, riche centre de nidification, particulièrement pour les hirondelles de mer. Des protestations se sont élevées contre les feux de buissons destinés à préparer l'emplacement d'un centre d'accueil. Mais l'entreprise qui préside à cet établissement semble avoir compris l'intérêt de la protection des oiseaux dans cette île, et elle assumerait cette tâche sous le contrôle d'un organisme scientifique. Ainsi serait établie une nouvelle réserve ornithologique bretonne qui s'ajouterait à celle des Sept Iles, si efficacement sauvegardée par la Ligue française pour la protection des Oiseaux, et aux charmants îlots du cap Fréhel, centres protégés de reproduction naturelle pour de nombreux oiseaux.

Chauffe-eau solaire

Un chauffe-eau alimenté par le rayonnement solaire a été mis dans le commerce par un ingénieur de Perth, en Australie occidentale. L'appareil est constitué par une plaque de cuivre de 4 pieds de large et 6 pieds de long à laquelle est jointe un bloc de tubes de cuivre enroulés en spirales. L'ensemble est placé dans une caisse dont les parois sont isolées thermiquement, sauf la face supérieure qui est munie d'une double épaisseur de feuilles de verre. Les rayons solaires sont absorbés par la plaque de cuivre ; l'eau qui circule dans les spirales des tubes s'échauffe, elle monte par suite de l'abaissement de sa densité et s'accumule dans un réservoir placé à une hauteur supérieure à celle de l'appareil. L'inventeur, M. Ferdinand C. Korwill, a conçu son appareil après des essais exécutés à l'Australian Commonwealth Scientific and Industrial Organisation. A Perth, le soleil brille en moyenne 7 h 10 mn par jour.

Canalisations en bambou

Les eaux de la mine Nielson and C° à Hixbar, aux Philippines, sont très acides ; elles détruisent en trois jours les tubes de fer galvanisé utilisés pour les évacuer. Les matériaux inoxydables étant très coûteux, la direction de la mine a cherché et trouvé un moyen plus économique pour établir les tuyauteries. Celles-ci ont été faites avec du bambou, que l'on trouve facilement sur place. Les canalisations sont constituées en bouts de 3 m de longueur sur 5 cm de diamètre, assemblés par des joints en tubes de caoutchouc.

Le feldspath potassique en France

On annonce la découverte de feldspath potassique dans le Massif de l'Agly, près de Saint-Paul-de-Fenouillet (Pyrénées-Orientales). Cette localité est un centre important de production du feldspath sodique, mais le feldspath orthose y était inconnu. Celui-ci aurait des teneurs de 12 à 13 pour 100 en potasse. La découverte intéresse diverses industries. Les feldspaths potassiques n'étaient jusqu'à maintenant exploités, et pour des quantités inférieures aux besoins, qu'à Saint-Chély-d'Apcher (Lozère) et à Louhossoa (Basses-Pyrénées).

LES ENFANTS-LOUPS

Les psychologues ont souvent imaginé, tout en reconnaissant son impossibilité morale, une expérience qui consisterait à laisser depuis sa naissance un enfant se développer sans éducation, c'est-à-dire sans contact avec ses semblables. Cette expérience ne s'est-elle pas trouvée réalisée en fait avec les « enfants-loups » qui sont redevenus récemment d'actualité ? Devant des exagérations manifestes, des esprits sceptiques ont douté même de leur existence. Le docteur H. V. Vallois, professeur au Muséum, directeur du Musée de l'Homme et de l'Institut de Paléontologie humaine, fait ici une mise au point de cette question si émouvante au point de vue humain, et si importante pour ses enseignements scientifiques.

★

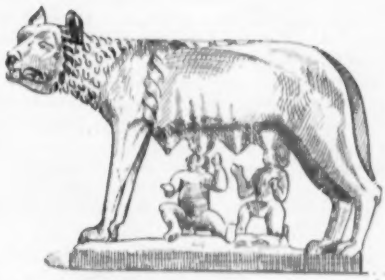


Fig. 3. — *La louve romaine allaitant Romulus et Remus, d'après un bronze antique.*

En février dernier, les journaux annonçaient avec des titres sensationnels la découverte aux Indes, près de la ville de Lucknow, d'un enfant de 9 à 10 ans qui ne savait pas parler, se déplaçait uniquement à quatre pattes et, refusant les légumes ou la nourriture cuite, ne se nourrissait que de viande crue. On en a conclu qu'il s'agissait de ce qu'on a appelé un « enfant-loup », c'est-à-dire un enfant élevé par les loups et qui en a pris le mode de vie. Comme preuve de cette assertion, on déclarait que sa denture était devenue semblable à celle des loups, et des photographies montraient la présence à la mâchoire supérieure de deux grandes dents saillantes, en dehors desquelles aucune autre dent n'apparaissait. L'enfant lui-même, avec ses membres inférieurs grêles mais à genoux volumineux, avait l'aspect de ces enfants chétifs et sous-alimentés comme il en existe tant aux Indes.

Fig. 1. — *Ramu, le prétendu enfant-loup de Lucknow, avec sa bouche montrant les deux incisives surnuméraires.*

Fig. 2. — *Ramu prenant sa nourriture.*

Le membre supérieur gauche est paralysé, mais l'enfant utilise sa main droite pour prendre le bol.

(*Photos* Pr Kali Prasad, dans *The Illustrated London News*).

On peut laisser de côté la prétendue transformation de la denture qui témoigne de la part des journalistes d'autant d'imagination que d'ignorance. Les deux dents saillantes étaient des incisives. Or les loups, comme tous les Carnivores, ont de puissantes canines, mais de très petites incisives. Si l'on tenait absolument à une comparaison quelconque, c'est à la denture des Herbivores qu'on aurait dû songer puisque ceux-ci ont de grandes incisives supérieures et des canines réduites ou absentes. Mais ici l'explication est d'un tout autre ordre : il s'agit visiblement d'un sujet dont les incisives médianes de lait avaient subsisté malgré la sortie des dents de remplacement correspondantes. C'est la persistance de ces deux incisives en avant de la rangée normale, variation rare mais dont on connaît d'autres cas, qui donne à la denture son aspect atypique. Le fait intéressant n'est pas là : se trouve-t-on vraiment en présence d'un enfant élevé par des loups ?

Enfants-loups et hommes sauvages. — On sait qu'il s'agit d'une très vieille croyance, et qui n'est pas propre aux Indes. On connaît la légende de Romulus et Remus. Enlevés à leur mère par leur oncle qui s'était emparé du trône d'Albe, ils furent jetés dans une corbeille et abandonnés aux eaux du Tibre. La corbeille échoua sur la rive et une louve recueillit les enfants et les allaita jusqu'au moment où ils furent pris et élevés par un berger. En commémoration de ce fait et jusqu'à nos jours, la louve est restée l'emblème de la puissance romaine.

D'autres cas, plus sérieux, ont été signalés au moyen âge. Lorsque le grand naturaliste Linné, en 1758, établit sa classification des êtres vivants, il fit une place à part, à côté des grandes races humaines actuelles, à une variété qu'il appela l'*Homme sauvage* (*Homo ferus*), où il plaçait des enfants précocement abandonnés et qui se seraient élevés tout seuls dans les bois, et d'autres qui auraient été recueillis et élevés par des bêtes. Il citait dans cette dernière catégorie un enfant-loup trouvé dans la Hesse en 1344, un enfant élevé par les ours en Lithuanie en 1661, un enfant élevé par des moutons en Irlande en 1672. Vivant en dehors de la société humaine, tous ces

enfants sauvages étaient justiciables, disait Linné, d'une même définition : *mutus, tetrapus, hirsutus*. En d'autres termes, ils ne savaient pas parler, ils marchaient à quatre pattes, ils étaient velus. Ce dernier caractère était certainement erroné, mais les deux premiers, on va le voir, se retrouveront systématiquement chez tous les enfants-loups.

La liste des Hommes sauvages s'est considérablement accrue depuis Linné. Un cas qui eut en France une grande célébrité, est le « Jeune sauvage de l'Aveyron », enfant d'environ 12 ans, trouvé en 1799 par des chasseurs dans un bois où il vivait nu, se nourrissant de glands et de racines, marchant, courant et grimpant comme un animal. Il ne parlait pas et ne pouvait supporter d'être sous un toit. D'après les dires des paysans qui

Fig. 4. — *Le « Sauvage de l'Aveyron ».*
(D'après Itard).

l'avaient aperçu, il y avait au moins 7 ans qu'il vivait dans ces conditions. Amené à Paris et hospitalisé aux Sourds-Muets, il a longuement été étudié par un médecin de cette institution, le docteur Itard, qui a tenté de le rééduquer; il a tout juste pu apprendre quelques monosyllabes et son intelligence est toujours restée très au-dessous de la normale.

Mais l'Homme sauvage de l'Aveyron, quel que soit son intérêt pour l'étude de l'influence de la vie sociale sur le développement des facultés humaines dont je parlerai plus loin, n'était pas un enfant-loup. Dans une revue publiée en 1940, 32 cas d'Hommes sauvages ont pu être énumérés. 19 de ceux-ci étaient des enfants-loups ou plus exactement des enfants élevés par des fauves : 4 cas, 3 en Lithuanie et 1 aux Indes, se rapportaient à des ours; un cinquième, aux Indes, concernait un enfant élevé par des léopards. Des 14 cas restants, enfants-loups au sens strict du mot, 2 avaient eu lieu en Europe, les 12 autres aux Indes.

Dans tous ces cas, pour certains desquels on a des documents détaillés, les enfants présentent un comportement sensiblement identique. Bien qu'en âge de parler et de marcher (ils avaient généralement de 3 à 10 ans), ils ne savaient ni prononcer un mot, ni se tenir debout; ils mangeaient comme des animaux, refusaient la nourriture cuite. Ils vivaient nus, indifférents aux hommes qui les approchaient, manifestant parfois leur colère, mais ne sachant ni rire ni pleurer. Leur éducation n'a jamais donné que de piètres résultats, et ils sont toujours restés très en retard du point de vue intellectuel, comme si le mode de vie animale qu'ils avaient pratiqué dans leurs premières années les avait irrémédiablement écartés de la voie humaine.

Les enfants-loups, une illusion ? — Certains psychologues, l'Américain Dennis en particulier, se sont refusés à admettre l'existence des enfants-loups. Dans la majeure partie des cas, disent-ils, on n'aurait là que des enfants idiots ou arriérés abandonnés par leur famille et qui ont, tant bien que mal, vécu dans les bois ou dans la jungle. Tous les caractères observés chez eux, mutisme, indifférence vis-à-vis des autres hommes, marche à quatre pattes, ne seraient que les conséquences de leur déficience mentale.

Leur incapacité intellectuelle serait donc innée; elle ne résulterait pas d'une invraisemblable cohabitation avec des fauves. Jamais d'ailleurs, ajoute-t-on, on n'aurait vu d'enfants vivant effectivement avec des loups. On en a vu sortir d'un terrier : mais sans doute est-ce parce qu'ils s'y étaient réfugiés quand ils s'étaient sentis poursuivis. C'est essentiellement aux Indes qu'on aurait rencontré des enfants-loups; or les contes populaires des Indes parlent souvent d'enfants élevés par les animaux, et c'est la réminiscence involontaire de ces contes qui fait que, chaque fois qu'on trouve un enfant arriéré errant dans la campagne, on déclare *a priori* que c'est un enfant-loup. Un autre motif de cette croyance est sans doute que ces enfants mangent de la viande crue. Or les paysans hindous sont essentiellement végétariens et le fait de se nourrir de viande crue évoque en eux l'idée de fauve.

A ces arguments, quelques biologistes en ont ajouté d'autres. Ils ont fait remarquer que, même dans le cas bien extraordinaire où une louve aurait introduit un enfant dans sa tanière et l'aurait nourri avec ses petits, cet enfant n'aurait pu survivre longtemps. La lactation de la louve ne dure que quelques mois. Dès leur second mois, les louveteaux commencent à absorber de la viande. Un estomac humain aurait-il pu si vite s'adapter à un tel changement de nourriture ? Une fois la lactation terminée, la louve, comme la chienne, écarte ses petits; elle ne les connaît plus. Que serait alors devenu l'enfant, bien incapable évidemment à ce stade de se déplacer et de trouver sa nourriture ? Comment aurait-il pu échapper aux périls de la jungle ?

La valeur de toutes ces objections est incontestable, et il est bien probable en effet qu'un certain nombre de prétendus enfants-loups n'en sont pas. C'est certainement le cas pour l'enfant trouvé à Lucknow : transporté à l'hôpital de la ville, il a été soumis à un examen détaillé. On a reconnu qu'il était atteint d'une hémiplégie gauche qui paraissait dater de sa première enfance. C'était là la raison pour laquelle il ne pouvait se tenir debout. Il n'avait aucune des callosités qui se seraient développées sur les membres s'il avait usé de la marche quadrupède. Ses cheveux avaient été coupés récemment. Il ne fait nul doute qu'il s'agissait simplement d'un jeune infirme que sa famille avait tenu enfermé et nourri tant bien que mal, puis finalement abandonné. Le nom d'enfant-loup qui lui avait été donné, en grande partie à cause de son anomalie dentaire, n'était en rien justifié.

Pour des raisons analogues, sans doute on doit laisser de côté certains cas très anciens et insuffisamment décrits, pour lesquels aucune vérification n'est possible. Éventuellement même, il a pu y avoir fraude : ainsi un soi-disant enfant-babouin, signalé en 1927 en Afrique du Sud, où il aurait été trouvé vivant au milieu d'une troupe de Singes. Ce n'était qu'une histoire inventée de toutes pièces par un hôtelier peu scrupuleux à propos d'un indigène semi-imbécile qu'il montrait contre argent.

Mais si certains cas sont suspects, d'autres ne le sont pas et, quelque étrange que cela puisse nous paraître, plusieurs observations semblent démonstratives. Je rapporterai seulement les deux qui sont les plus typiques à tous égards et qui ont eu lieu aux Indes : celle de l'enfant-léopard des Monts Cachar et celle des enfants-loups de Midnapore.

L'enfant-léopard des Monts Cachar. — L'histoire de l'enfant-léopard a été rapportée par Stuart Baker en 1920. Les

habitants d'un petit village des Monts Cachar avaient, au cours d'une battue, tué dans leur tanière deux jeunes léopards. La mère avait poursuivi les chasseurs et rôdait autour du village. Deux jours après, une paysanne, qui travaillait à son champ et avait déposé sur le sol son jeune enfant de deux ans, entendit des cris et, se retournant, vit le léopard qui s'était emparé du bébé et s'enfuyait avec lui. Les recherches pour le retrouver furent vaines et on croyait l'enfant mort depuis longtemps quand, trois ans plus tard, une femelle de léopard fut tuée à peu de distance du village. En pénétrant dans sa tanière, on trouva le jeune garçon avec deux petits fauves.

Repris par ses parents — il avait donc alors 5 ans — l'enfant ne se déplaçait qu'à quatre pattes, courant dans cette position presque aussi vite qu'un homme et circulant sans difficulté dans la jungle. Les paumes de ses mains et ses genoux portaient de fortes callosités, et ses orteils étaient coudés presque à angle droit sur le dos du pied. Couvert de cicatrices, l'enfant mordait ceux qui l'approchaient et se jetait sur les poulets qu'il saisissait, mettait en pièces et dévorait avec une extraordinaire rapidité. Trois ans après, il avait appris à marcher debout et à se nourrir de céréales; il continuait cependant à aller normalement à quatre pattes. Le développement d'une cataracte s'était trouvé d'ailleurs renforcer son comportement animal car, devenu presque aveugle, c'était au flair qu'il reconnaissait les aliments ou les personnes qui s'approchaient de lui.

L'enfant des Monts Cachar nous apprend ainsi par quel mécanisme une bête féroce, privée brusquement de ses petits, peut adopter un « petit d'Homme », pour employer l'expression de Kipling. Bien qu'aucun Européen n'ait assisté à la trouvaille de l'enfant, cette observation semble sérieuse. Elle a été vérifiée sur place par le professeur Hutton, un des meilleurs ethnologues contemporains. Mais plus démonstrative encore est l'histoire des enfants-loups de Midnapore, petite ville au sud-ouest de Calcutta. Elle a été recueillie tout au long par un pasteur anglican hindou, le Révérend Singh.

Les enfants-loups de Midnapore. — Au cours d'une de ses tournées, en 1920, le Révérend Singh arriva dans un village dont les habitants lui dirent : « Nous avons peur; il y a dans les bois des esprits qui rôdent la nuit ». Renseignements pris, il s'agissait d'un être mystérieux, sorte de sorcier à forme humaine, mais qui marchait à quatre pattes. Se rendant à la tombée du soir vers le lieu où l'on avait signalé cet être, M. Singh vit sortir d'un terrier trois vieux loups suivis de deux louveteaux, puis de deux êtres quadrupèdes d'aspect humain. Les villageois qui l'accompagnaient refusèrent de s'approcher du terrier et M. Singh dut, huit jours plus tard, revenir avec des habitants d'un autre village qui n'avaient pas entendu parler des esprits. Ils encerclèrent le terrier. Deux des loups s'enfuirent. Le troisième, une femelle, ne voulut pas fuir et fut tué. Dans le fond du terrier, on trouva, entremêlés, les deux louveteaux et deux fillettes nues, l'une qui paraissait âgée de 7 à 8 ans, l'autre d'environ 2 ans. Les deux enfants furent conduites à l'orphelinat de Midnapore et baptisées, la première Kamala, la seconde Amala. Cette dernière mourut au bout d'un an. Kamala vécut jusqu'en 1929. Pendant les 9 ans où elle resta à l'orphelinat, elle fut suivie jour par jour par le pasteur Singh, qui tint un journal détaillé de ses faits et gestes.

Kamala, quand elle fut découverte, avait un comportement qui rappelait vraiment celui des loups à côté desquels elle avait vécu. Elle marchait à quatre pattes, s'appuyant sur les mains et les genoux quand elle allait doucement, sur les mains et les plantes des pieds avec les genoux demi-fléchis quand elle voulait aller vite; dans cette attitude, elle courait aussi rapidement qu'un homme. Elle craignait la forte lumière, mais était à son aise dans l'obscurité et s'y déplaçait avec une parfaite aisance. Elle ne circulait d'ailleurs que la nuit. Durant le

Fig. 5. — ***Kamala et Amala dormant.***

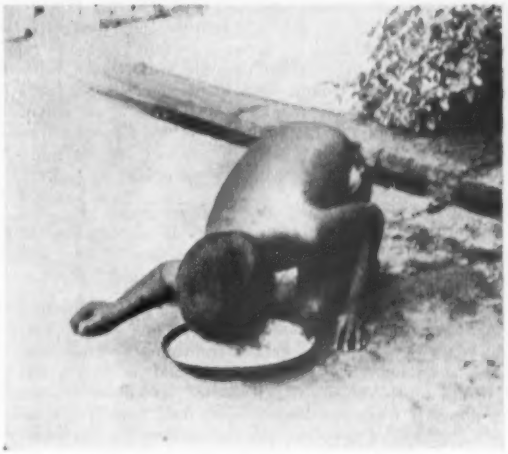


Fig. 6. — ***Kamala « à table ».***

(Photos Swan).

jour, elle dormait, tassée dans un coin, ou encore elle restait accroupie sur le plancher, face au mur. Elle se salissait constamment, déchirait les vêtements qu'on voulait lui mettre. Elle avait horreur de l'eau et se débattait quand on voulait la laver. Elle buvait en lappant, refusant la nourriture végétale, mais se jetant sur la viande crue qu'elle dévorait sans même se servir de ses mains; elle rongeait les os. Elle ne prenait d'ailleurs que la nourriture posée à terre et refusait celle qu'on lui tendait à la main. Elle ne parlait pas mais hurlait la nuit à la manière des loups. Elle semblait avoir eu quelque sentiment de compagnonnage pour Amala. Les deux enfants dormaient couchées l'une sur l'autre et, quand Amala est morte, Kamala est restée deux jours sans boire ni manger; dix jours après la mort de sa petite compagne, elle flairait encore les endroits où elle avait passé. Mais elle était par ailleurs hostile aux autres personnes; elle montrait les dents et se mettait en colère si on approchait d'elle quand elle mangeait. Même les enfants la laissaient indifférente : pendant quelques semaines, elle et Amala avaient semblé prendre plaisir à un jeune enfant qui en était à l'âge où l'on se traîne par terre pour apprendre à marcher et par conséquent se présentait à elles sous un aspect

plus familier. Mais un jour, toutes deux se sont jetées sur lui et l'ont égratigné et mordu si sérieusement qu'il n'a plus voulu les approcher. Elles montraient par contre quelque intérêt pour les jeunes chiens.

Malgré les efforts du Révérend Singh, l'humanisation, si l'on peut ainsi dire, de Kamala a été très longue. Elle n'a jamais été complète. L'enfant était arrivée à l'orphelinat en 1920. Ce n'est qu'en 1922 qu'elle a pu se tenir debout, encore fallait-il qu'on la soutînt. En 1926, elle marchait debout toute seule, mais elle n'a jamais su courir et, lorsqu'elle voulait aller vite, elle retombait à quatre pattes. Quant au langage, c'est à peine si l'on a pu arriver à un résultat. Après 4 ans d'éducation, elle comprenait certaines questions mais elle n'avait appris que 6 mots. Après 7 ans, son vocabulaire ne dépassait pas 45 mots.

M. Singh a distingué trois périodes dans la vie de Kamala. La première est celle où elle se conduisait toujours comme un loup; elle a duré deux ans. Pendant les quatre années suivantes, elle s'humanisait peu à peu mais avait encore beaucoup des habitudes du loup. Ce n'est que pendant les trois dernières années que la manière d'être humaine était devenue prédominante. Kamala avait tout à fait pris l'habitude de dormir la nuit et avait même maintenant peur de l'obscurité. Elle recherchait la compagnie des autres personnes; elle mangeait avec ses mains et buvait dans un verre. Il ne faut pas croire cependant que son intelligence fût devenue semblable à celle des enfants de son âge. Lorsqu'elle a été découverte, Kamala avait à peu près 9 ans : sa mentalité était celle d'un enfant de 6 mois. De 10 à 15 ans, son intellect s'est progressivement élevé à celui d'un enfant de 2 ans. Quand elle est morte, à 17 ans, elle avait le comportement d'un enfant de 4 ans.

*
* *

Que faut-il conclure de tous ces faits ?

Recueillis et élevés par des fauves, dans des conditions dont l'enfant-léopard des Monts Cachar donne une idée approximative, et qu'on peut comparer aux trouvailles occasionnelles de jeunes chats nourris par des chiennes, ou de jeunes rats ou de jeunes souris élevés par des chattes, les enfants-loups existent donc. Il n'est pas douteux que, dans leur grande majorité au moins, ce n'étaient pas des arriérés ou des imbéciles de naissance. Comme l'a fait remarquer le psychologue Zingg, qui leur a consacré plusieurs mémoires, s'ils n'avaient pas eu une certaine intelligence, on ne voit pas comment ils auraient pu s'adapter à un milieu si brusquement différent du leur, comment ils auraient pu suivre dans la jungle leur nouvelle mère nourricière. Un des cas rapportés — et qui est d'ailleurs de ceux sur lesquels on manque de données sûres — concerne une fillette, Dina Sanichar, qui était vraiment imbécile : son comportement était tout à fait différent de celui des autres enfants-loups.

Les enfants sauvages avaient vivement intéressé les philosophes du début du XIXe siècle. Leurs observations s'opposaient en effet aux idées mises à la mode par Jean-Jacques Rousseau et qui croyait que l'Homme, à l'état de nature, était pourvu de toutes les vertus que la société devait par la suite lui faire perdre. Or les enfants-loups sont plus démonstratifs encore. Et l'on voit qu'ils sont bien loin du Mowgli de Kipling, qui unissait l'intelligence humaine aux instincts des bêtes de la jungle. Si leur corps est celui de l'Homme, leur mentalité s'est profondément animalisée. Sorte d'expérience involontaire, ces enfants montrent l'énorme importance chez l'Homme des premières années de la vie pour le développement du langage et de nos centres intellectuels. Leur cerveau, quand on les a ramenés parmi leurs semblables, avait déjà passé cette période de modelage où l'enfant assimile sans effort et avec une extrême rapidité les impressions extérieures, où il acquiert les deux grandes caractéristiques de l'humanité : le langage et la station verticale. Tous les soins qu'on a pu leur prodiguer par la suite sont arrivés trop tard. Leur fonctionnement cérébral était déjà figé; il ne pouvait plus s'adapter ou ne le faisait que très imparfaitement [1]. Les enfants-loups sont ainsi profondément intéressants pour l'anthropologiste. Ils sont la preuve que cette « nature humaine » dont nous sommes si fiers est loin d'être, dans sa totalité, quelque chose d'inné. Les potentialités en existent dans notre cerveau. Mais l'éducation est nécessaire pour les faire surgir. Rendu à la brousse et séparé de ses semblables, l'Homme, livré à lui-même, redevient bien vite un pauvre Primate.

HENRI V. VALLOIS,
Professeur au Muséum,
Directeur du Musée de l'Homme
et de l'Institut de Paléontologie humaine.

1. Un cas d'un autre genre, mais qui montre d'une façon non moins nette l'influence déterminante de la vie sociale sur le développement de nos facultés cérébrales, est celui d'une fillette de 5 à 6 ans qui fut découverte en 1940, dans une ferme des États-Unis, où elle vivait depuis plusieurs années attachée sur une chaise dans un grenier et à peine nourrie. Il ne s'agissait pas d'une enfant née anormale ; ce traitement barbare tenait à ce que c'était une enfant naturelle.

Mise dans un orphelinat, cette fillette, d'abord totalement apathique et privée de la parole, s'est peu à peu éveillée. Au bout d'un an, elle manifestait quelque émotion, pouvait faire quelques pas sans tomber, mais ne savait toujours pas parler. L'année suivante, elle n'avait pas fait plus de progrès et, quoique pouvant émettre divers sons, restait toujours incapable de parler.

Correction automatique des erreurs télégraphiques

On vient de mettre en service sur la liaison radiotélégraphique Angleterre-Australie un « cerveau électronique » destiné à déceler et à corriger automatiquement les erreurs causées dans les messages par les parasites atmosphériques. L'équipement comporte deux parties, installées l'une à Sydney, l'autre à Londres. Le dispositif est basé sur l'emploi d'un code de signaux télégraphiques dérivé du vieux système Morse, mais comportant 7 types de signaux distincts. Le nouveau dispositif traduit les messages du code à 5 symboles utilisés dans les téléprinters continentaux en code à 7 unités pour les transmissions intercontinentales et les « retraduit » en 5 unités à l'autre extrémité en Australie. Il détecte en même temps les erreurs causées par les parasites atmosphériques brusques sur le parcours et envoie automatiquement à la station émettrice l'ordre de recommencer la transmission à partir du point où l'erreur s'est produite ; l'ensemble de l'opération requiert moins d'une seconde, alors qu'un opérateur humain y mettrait plusieurs minutes.

La traction Diesel sur les chemins de fer belges

Des essais ont eu lieu en Belgique afin d'expérimenter la rentabilité éventuelle de la traction Diesel sur certaines lignes de chemin de fer. Il s'agit de lignes à moyen et faible trafic, dont l'électrification ne peut être raisonnablement envisagée.

Les essais ont été menés à l'aide d'une machine Diesel de l'armée américaine d'occupation en Allemagne; ils ont prouvé que la traction Diesel était capable de procurer de substantielles économies par rapport à la traction vapeur ; la dépense en combustible serait très inférieure. Les trains expérimentaux, malgré une charge lourde, allant jusqu'à 1 100 t, sur un profil accidenté empruntant des lignes des Ardennes, n'ont subi aucun retard, et ont facilement atteint sur certains secteurs en palier la vitesse de 120 km/h.

L'industrie belge a reçu commande d'une centaine de locomotives Diesel : 55 machines de 84 t, type B B, et 40 machines de 108 t, type C C. Les unes comme les autres seront équipées d'un moteur de 1 600 ch avec transmission électrique.

La dixième session de la Conférence générale des Poids et Mesures

Formée des délégués des nations adhérentes à la Convention du Mètre, la Conférence générale des Poids et Mesures, qui se réunit normalement tous les six ans, vient de tenir sa dixième session du 5 au 14 octobre 1954; une soixantaine de délégués représentaient 32 nations, sur les 35 membres de la Convention. La séance d'ouverture s'est tenue au Quai d'Orsay, sous la présidence de M. Maurice de Broglie, président de l'Académie des Sciences, en présence du secrétaire d'État aux Affaires étrangères. Les séances de travail se sont poursuivies au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, siège du Bureau international des Poids et Mesures.

Avant d'exposer l'essentiel des travaux de la Conférence, il importe de rappeler que les questions traitées se rapportent plus spécialement à la métrologie scientifique; les problèmes de métrologie pratique et légale ne sont pas, en effet, de son ressort, comme pourraient le laisser penser les mots « Poids et Mesures » qui appellent instinctivement ce rapprochement. Ces derniers auront probablement, dans un proche avenir, l'occasion d'être également discutés sur le plan international par une organisation qui est actuellement en voie de constitution.

* * *

La Conférence générale, après avoir noté avec satisfaction que deux nouveaux états (le Brésil et la République Dominicaine) avaient adhéré à la Convention du Mètre, a tout d'abord entendu le Rapport général, présenté par le président du Comité international des Poids et Mesures, sur l'activité du Bureau international depuis 1948, ainsi que les exposés des physiciens du Bureau sur leurs travaux métrologiques. Ces exposés et les questions inscrites à l'ordre du jour de la Conférence ont été suivis de discussions, dont certaines ont abouti à la présentation de résolutions soumises à l'approbation des délégués.

Mètres prototypes; étalons à bouts; projet de changement de la définition du mètre. — L'examen de l'importante question du changement de la définition de l'unité fondamentale de longueur du Système Métrique — représentée actuellement par un étalon à traits en platine iridié — a été précédé d'un exposé de M. Ch. Volet, directeur du Bureau international, sur la nécessité de retracer la plupart des mètres prototypes en platine iridié.

Le Mètre international et les prototypes nationaux, construits vers 1885, possèdent un tracé qui ne répond plus aux exigences de la précision actuelle dans les mesures de longueur. La technique du traçage des traits s'est considérablement améliorée depuis cette époque et il est maintenant possible de munir les prototypes en platine iridié de traits beaucoup plus réguliers permettant d'accroître notablement la précision des pointés micrométriques. A cette amélioration s'ajoute celle des procédés d'observation au moyen de microscopes photoélectriques, qui conduit également à un nouveau gain de précision [1].

Dans l'attente de la construction d'un comparateur muni de tels microscopes, le Bureau international a déjà remplacé son comparateur pour étalons de 1 m, en service depuis de nombreuses années, par un nouveau comparateur à microscopes visuels tournants, dont les objectifs peuvent être immergés dans l'eau de la cuve de comparaison durant les mesures. Cette modification permet d'éviter des réfractions irrégulières et d'effectuer les mesures dans des conditions thermiques améliorées par agitation continue de l'eau, sans qu'il en résulte de gêne au cours des pointés.

Dans le domaine des étalons à bouts plans (calibres en acier du type Johansson, utilisés dans l'industrie), M. J. Terrien, sous-directeur du Bureau international, a rendu compte des résultats de la mesure de plusieurs calibres dans neuf laboratoires nationaux et au Bureau international. Ces mesures, qui s'inscrivent dans le cadre des diverses comparaisons internationales entreprises sous l'égide du Bureau international, ont été faites par une méthode interférentielle, en fonction de la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium comme étalon de longueur. Les résultats, bien que très satisfaisants dans leur ensemble, ont toutefois mis en évidence, dans quelques cas, des écarts atteignant 5.10^{-7} en valeur relative, alors que la précision généralement atteinte lors de la comparaison de Mètres prototypes est de l'ordre de 1.10^{-7}. Si des études apparaissent donc encore nécessaires dans ce domaine, cette première intercomparaison aura néanmoins contribué à situer la précision des mesures interférentielles dans les grands laboratoires nationaux et les limites de stabilité des étalons à bouts plans en acier.

A la suite de ces exposés, la Conférence a entendu le rapport établi en 1953 par le Comité consultatif pour la définition du Mètre, institué pour examiner les aspects de la question d'une nouvelle définition de l'unité de longueur.

Nous avons déjà rendu compte dans cette revue des travaux de ce comité qui, tout en étant favorable à un changement de définition fondée sur une longueur d'onde lumineuse, ne s'était pas encore estimé en mesure de faire un choix entre les diverses radiations monochromatiques proposées [1]. Rappelons que ces dernières étaient à cette époque : la raie verte du mercure 198, la raie jaune-vert du krypton 84 ou 86, et la raie rouge du cadmium 114, proposées respectivement par les États-Unis, l'Allemagne et l'U.R.S.S.

Depuis, les études ont été poursuivies et la Conférence générale a été informée, au cours de l'une de ses séances, qu'on venait d'expérimenter à la Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Allemagne) le nuclide 136 du xénon séparé par thermodiffusion suivant la technique du professeur K. Clusius, de l'Université de Zurich; l'une des radiations du $^{136}_{54}Xe$, située entre 0,52 et 0,55 μ, présente également d'intéressantes propriétés métrologiques.

Cette récente communication montre que les recherches en vue de substituer une onde lumineuse au prototype en platine iridié comme étalon de longueur sont encore susceptibles d'apporter de nouveaux résultats, et que d'autres radiations pourront ainsi être proposées dans les années à venir. Devant cette situation, la Conférence a préféré adopter une solution de prudence, solution qui n'a pas été prise sans tenir compte également des progrès escomptés dans la mesure des étalons à traits (amélioration du tracé des prototypes, procédés d'observation photoélectriques). La Conférence générale a donc voté une résolution n° 1 qui invite les grands laboratoires et le Bureau international à poursuivre leurs études sur les radiations monochromatiques, en vue de permettre à la prochaine Conférence générale de prendre une résolution définitive, et décide de ne pas encore changer la définition du mètre.

1. Voir *La Nature*, août 1951, p. 252

1. Voir *La Nature*, janvier 1954, p. 34, et octobre 1954, p. 395.

La résolution n° 2 « attire l'attention des pays adhérents à la Convention du Mètre sur la possibilité qu'ils ont actuellement d'améliorer leurs étalons nationaux en les faisant munir d'un nouveau tracé. »

Masses. — La masse d'un certain nombre de Kilogrammes prototypes nationaux a été redéterminée, dans le cadre de la vérification périodique de ces étalons qui constitue l'une des missions essentielles du Bureau international. Les résultats obtenus confirment l'excellente tenue des prototypes, les écarts observés sur leur masse par rapport aux valeurs originales de 1889 étant au maximum de 0,03 à 0,04 mg (3 à 4.10^{-8} en valeur relative). Cette constatation est particulièrement rassurante car il n'existe, pour le moment, aucun étalon naturel pouvant servir de référence à cette unité avec une précision suffisante.

Unité de temps. — La nouvelle définition de l'unité de temps (la *seconde*), adoptée en 1952 par la VIIIe Assemblée générale de l'Union astronomique internationale, a été soumise à la sanction de la Conférence générale. M. A. Danjon, directeur de l'Observatoire de Paris, a noté que « la prudence conseille de conserver pour la seconde une définition astronomique, tant que l'on ne saura pas définir une échelle physique offrant de réelles qualités d'indestructibilité ». On sait par ailleurs que la rotation de la Terre subit, en dehors d'un ralentissement séculaire [1], des fluctuations irrégulières et imprévisibles qui ne permettent pas de la considérer comme étalon naturel de temps et enlèvent toute signification métrologique à l'expression « jour solaire moyen »; ce dernier n'est déterminé qu'avec une précision du dix-millionième environ, tout à fait insuffisante dans l'état actuel de la technique des fréquences.

La définition adoptée en 1952 se réfère à l'année sidérale pour 1900; mais, depuis cette date, on a fait remarquer qu'il était préférable de considérer l'année *tropique* et non l'année sidérale. En conséquence, le Comité international des Poids et Mesures a proposé la définition suivante :

« La seconde est la fraction 1/31 556 925,975 de la durée de l'année tropique pour 1900,0 » (la notation 1900,0 représente le 1er janvier 1900 à 12 h T. U.).

Tenant compte de cette situation, la Conférence a adopté une résolution (n° 5) par laquelle elle reconnaît la nécessité et l'urgence de donner plus de précision à la définition de l'unité de temps, et délègue ses pouvoirs au Comité international pour prendre une décision dès que l'Union astronomique internationale aura elle-même sanctionné ce changement de mot.

Intensité de la pesanteur. — La valeur absolue de l'intensité de la pesanteur (g) intervient dans la définition et la mesure absolue de diverses unités; aussi la connaissance exacte de cette grandeur physique est-elle particulièrement importante.

La Conférence générale de 1948 avait recommandé que de nouvelles déterminations absolues fussent faites dans les laboratoires qui en avaient la possibilité, afin de compléter les résultats déjà obtenus ces dernières années à Washington, Teddington et Léningrad par la méthode classique du pendule. Cette recommandation a été suivie par plusieurs laboratoires, des déterminations étant en cours en Allemagne, en U.R.S.S., au Canada et en Argentine; d'autres sont en projet en Italie et en Angleterre.

Au Bureau international, M. Ch. Volet a expérimenté la méthode balistique qu'il avait proposée, celle de la chute d'un corps, qui consiste à cinématographier une règle divisée tombant en chute libre et à en déduire son accélération. Le principe de cette méthode a été adopté par plusieurs laboratoires. Après un premier résultat d'expériences, l'installation du Bureau international est actuellement améliorée par A. Thulin en vue d'une nouvelle détermination qui doit être effectuée prochainement.

Les résultats de toutes ces déterminations sont attendus avec impatience afin de fixer un nouveau point de départ pour les déterminations *relatives* de g, la valeur obtenue vers 1900 à Potsdam — système gravimétrique de référence mondial — apparaissant trop élevée d'environ 20 milligals.

Thermométrie. — Quelques mois avant la Conférence générale s'était tenue la quatrième session du Comité consultatif de Thermométrie. Parmi les propositions émises par ce Comité, la plus importante concernait la définition de l'échelle thermodynamique.

Jusqu'à présent, les températures exprimées dans cette échelle étaient fondées sur deux points fixes, le point de fusion de la glace (0 °C) et le point d'ébullition de l'eau (100 °C) ou, plus exactement, en fixant arbitrairement à 100 degrés l'intervalle de température entre ces deux points.

La nouvelle définition proposée par le Comité consultatif ne fait appel qu'à un seul point fixe réalisable, le point triple de l'eau, dont la température est fixée par rapport au zéro absolu (La température du point triple de l'eau est supérieure de 0,0100 degré à celle du point de fusion de la glace).

La Conférence a adopté cette proposition en votant sa résolution n° 3 qui « décide de définir l'échelle thermodynamique de température au moyen du point triple de l'eau comme point fixe fondamental, en lui attribuant la température 273,16 °K, exactement. »

En dehors de légères modifications de texte, l'adoption de cette nouvelle définition n'affecte en rien l'Échelle internationale de température en vigueur depuis 1948.

Indiquons à titre documentaire que la définition de l'échelle thermodynamique fondée sur un seul point fixe avait déjà été recommandée par J. P. Joule et W. Thomson (Lord Kelvin) en 1854 et par D. I. Mendéléev en 1874.

Atmosphère normale. — A la demande de l'Organisation internationale de Normalisation (ISO), la Conférence a été appelée à préciser la définition de l'atmosphère (pression) normale.

La définition de cette pression de référence, qui intervient en particulier dans la détermination des points fixes thermométriques, s'est en effet trouvée quelque peu modifiée à diverses reprises; il apparaissait donc indispensable qu'une définition univoque fût sanctionnée afin que ne subsistât aucune confusion au sujet de cette unité.

La Conférence a, dans sa résolution n° 4, confirmé la définition qui figure dans le texte de l'Échelle internationale de température de 1948, à savoir : 1 atm normale = 1 013 250 dynes par centimètre carré, c'est-à-dire : 101 325 newtons par mètre carré, en précisant qu'elle adoptait cette définition pour tous les usages (La définition de l'atmosphère normale est ainsi affranchie de la densité du mercure et du g normal. Pratiquement, cette pression peut être réalisée par une colonne de liquide de hauteur h (en mm), de densité uniforme d (en g/cm^3), soumise à une attraction de gravitation uniforme g (en m/s^2), les quantités h, d et g étant choisies de telle sorte que leur produit soit égal à 101 325; ce résultat est obtenu par exemple avec une colonne de mercure de 760 mm de haut, ayant une densité de 13,595 1 g/cm^3 et soumise à un g de 9,806 65 m/s^2).

Unités électriques et photométriques. — Le rôle du Bureau international des Poids et Mesures a pris une certaine importance dans ce domaine depuis qu'il est chargé d'effectuer périodiquement la comparaison des étalons matériels de l'ohm, du volt, de la candela et du lumen d'un certain nombre de labo-

1. Voir *La Nature*, n° 3225, janvier 1954, p. 36.

ratoires nationaux. On sait en effet que c'est la moyenne des unités représentées par ces étalons nationaux, moyenne conservée au Bureau international par des étalons de même type, qui constitue l'unité internationale de chacune de ces grandeurs [1].

Les résultats des récentes comparaisons effectuées au Bureau international ont été présentés à la Conférence générale; ils confirment que les unités des divers pays sont réalisées, dans l'ensemble, avec une concordance meilleure que le cent millième pour les unités électriques et que le centième pour les unités photométriques.

Il n'est pas sans intérêt de noter que, parmi les unités de mesure les plus fréquemment employées, c'est dans le domaine des unités électriques et photométriques que l'unification est réalisée totalement sur le plan international; qu'ils utilisent ou non le système métrique, tous les pays civilisés font usage depuis 1948, des mêmes unités électriques et photométriques.

Nous devons également signaler dans le domaine des mesures spectrophotométriques la comparaison internationale de verres colorés, organisée par le Bureau international. Neuf laboratoires nationaux ont participé à cette comparaison qui a permis de déterminer la précision réelle des mesures de facteurs de transmission en lumière blanche ou monochromatique, par la confrontation des résultats obtenus.

Fig. 1. — ***Le timbre émis à l'occasion de la dixième session de la Conférence générale des Poids et Mesures.***

Système pratique d'unités de mesure. — En 1948, la IXe Conférence générale avait chargé le Comité international des Poids et Mesures d'engager une enquête officielle auprès des milieux scientifiques, techniques et pédagogiques mondiaux en vue de l'établissement d'un système pratique d'unités de mesure qui pourrait être adopté par tous les pays pour les relations internationales.

L'ampleur de cette enquête n'a pas permis au Comité international de recueillir à temps tous les avis qu'il avait sollicités. Il lui a donc été impossible de recommander l'adoption d'un système complet et cohérent, d'autant plus que des divergences de vues se sont manifestées au sujet du choix des unités fondamentales électrique et photométrique.

Après discussion, et considérant que plusieurs organisations internationales avaient déjà pris position en ce domaine, la Conférence a finalement adopté à l'unanimité par sa résolution n° 6 [2], comme unités de base de ce système à établir, les unités suivantes :

longueur	mètre
masse	kilogramme
temps	seconde
intensité de courant électrique	ampère
température thermodynamique	degré Kelvin
intensité lumineuse	candela.

Bien que l'étude de cette question ne soit pas complètement terminée, l'importante décision qui vient d'être prise permettra à de nombreux pays de reviser et d'unifier leur législation métrologique afin d'éliminer les difficultés qui résultent de la multiplicité des systèmes existants, et de favoriser ainsi l'usage du système métrique dans le monde.

Système métrique. — Selon l'usage, un rapport sur le développement du système métrique dans le monde devait être présenté à la Conférence générale; le manque de temps n'a pas permis à cette dernière de prendre connaissance en détail du rapport établi et qui sera publié en annexe à ses travaux. Nous aurons probablement l'occasion de présenter aux lecteurs de *La Nature* une synthèse de ce document.

En attendant, indiquons seulement que l'on a surtout noté les progrès sensibles en faveur du système métrique qui se manifestent, dans divers domaines, dans les pays anglo-saxons, en Angleterre particulièrement. Mais pourquoi faut-il qu'au moment où le système métrique progresse dans les pays non métriques, la France — sans parler d'autres pays métriques — se laisse aller à une utilisation croissante, et par ailleurs illégale, des mesures anglo-saxonnes ? Les exemples abondent dans ce sens (aviation, industrie et technique, indications uniquement en unités anglo-saxonnes sur les boîtes de conserves, etc.).

Il est temps de réagir contre cette tendance et, ainsi que le notait le directeur du Bureau international, « de veiller à l'intégrité du système métrique, car un système de mesures, même parfait, laissé à l'abandon, ne tarderait pas à sombrer dans l'incohérence ».

Divers. — La Conférence n'a pas jugé nécessaire d'apporter pour le moment de changements à la Convention du Mètre de 1875, déjà modifiée par la Convention additionnelle de 1921.

Elle a par contre adopté sans opposition l'augmentation de la dotation du Bureau international, portée à 300 000 francs-or; cette augmentation était devenue indispensable par suite de l'accroissement des activités du Bureau international et malheureusement aussi à cause de la dévalorisation actuelle du franc-or.

La Conférence générale a également procédé au renouvellement statutaire du Comité international des Poids et Mesures; les membres élus provisoirement depuis la dernière Conférence ont été réélus, ainsi que cinq nouveaux membres de nationalité anglaise, américaine, australienne, autrichienne et finlandaise.

Après ces votes, le Comité international, qui venait d'enregistrer la démission de son président, M. J. E. Sears (de nationalité anglaise), en fonction depuis 1948, a constitué son nouveau bureau comme suit : président, M. A. Danjon; vice-président, M. R. Vieweg; secrétaire, M. G. Cassinis, respectivement de nationalité française, allemande et italienne (A la différence des délégués de la Conférence générale qui sont accrédités par leurs gouvernements, les membres du Comité international ne doivent pas être considérés comme des représentants directs de leurs pays).

1. Voir *La Nature*, Supplément au n° 3176, décembre 1949, pp. 409 et 412.

2. La confusion qui persiste encore entre le « kilogramme masse » et le « kilogramme poids » a été évoquée, mais aucun des nouveaux noms avancés pour désigner l'unité de masse n'a été retenu.

*
* *

Cet exposé des travaux de la Xe Conférence générale des Poids et Mesures montre l'étendue et l'importance des questions traitées; certaines des résolutions prises, comme celles qui concernent la définition du mètre, le système de mesures et l'échelle thermodynamique, étaient attendues par les milieux scientifiques et métrologiques.

Il est à remarquer que la périodicité assez espacée des sessions de la Conférence générale conduit le plus souvent cette dernière à ne prendre de décisions qu'après mûres réflexions; cette temporisation, en quelque sorte involontaire, est en définitive un facteur favorable au déroulement des travaux.

En conclusion, qu'ils aient reçu une solution définitive ou d'attente, les problèmes examinés au cours de cette Conférence apporteront une nouvelle contribution au développement de la science métrologique.

Rappelons enfin que cette dixième session de la Conférence générale des Poids et Mesures — la première s'étant tenue en 1889 — a coïncidé avec l'émission d'un timbre-poste à la gloire du système métrique (fig. 1). Puisse cette vignette être l'ambassadrice d'un système de mesures qui « quoique conçu et créé en France, appartient à toutes les nations ».

H. Moreau,
Assistant au Bureau international
des Poids et Mesures.

Retour au turbopropulseur

Le quadriréacteur de Havilland « Comet », premier avion de transport à utiliser la propulsion par turboréacteur, avait ouvert, lors de sa mise en service sur les lignes d'Extrême-Orient de la B.O.A.C., une ère nouvelle pour les transports long-courriers. Les personnalités de l'aviation commerciale, tant européennes qu'américaines, séduites à juste titre par les remarquables qualités de l'appareil britannique, n'hésitaient pas alors à envisager l'équipement de leur flotte de tels appareils.

Depuis, et en particulier aux États-Unis, il semble que le vent ait tourné et que l'on s'oriente finalement vers des avions équipés de turbopropulseurs, c'est-à-dire de turbines entraînant une hélice [1]. Cette décision est d'autant plus curieuse, qu'elle coïncide avec la mise en étude et en fabrication par certains constructeurs américains d'avions à réaction pure; Boeing a fait voler dernièrement le premier prototype de son 707, cependant que Douglas et Lockheed n'en sont encore qu'au stade de l'avant-projet.

Certes, les trois accidents successifs du Comet qui ont entraîné son interdiction de vol, et dont la société De Havilland vient de donner un début d'explication, ne sont pas étrangers à cet état de choses, mais il semble qu'il faille surtout voir là une crainte que le turboréacteur ne soit pas suffisamment adapté à l'exploitation commerciale. Que reproche-t-on en fait à ce genre de machine? En premier lieu, la difficulté de régularisation du trafic. L'avion à réaction étant un gros consommateur de combustible, il semble difficile de lui imposer des attentes à l'atterrissage telles que celles qui sont prévues pour les avions commerciaux actuels. Jusqu'à présent les Comet pouvaient bénificier d'une priorité spéciale, mais dès qu'on les utilisera sur une grande échelle, ils devront se plier à la règle commune. Or, emporter un poids de carburant correspondant à une attente d'une demi-heure, même au régime de consommation minimum, diminue la charge payante et, par suite, la rentabilité de l'appareil.

D'autre part, la rentabilité dépend aussi de l'entretien et, plus particulièrement, de la durée de fonctionnement entre deux révisions successives des moteurs; cette durée est nettement moins élevée que pour les avions à moteurs à pistons ou même à turbopropulseurs.

Enfin, les turboréacteurs présentent un inconvénient majeur dès qu'il est question de leur utilisation intensive au voisi-

1. Voir : Propulseurs modernes d'avions long-courriers ; 1. Le moteur à pistons, *La Nature*, juillet 1952, p. 200 ; 2. Le turboréacteur ; 3. Le turbopropulseur, *La Nature*, août 1952, p. 251.

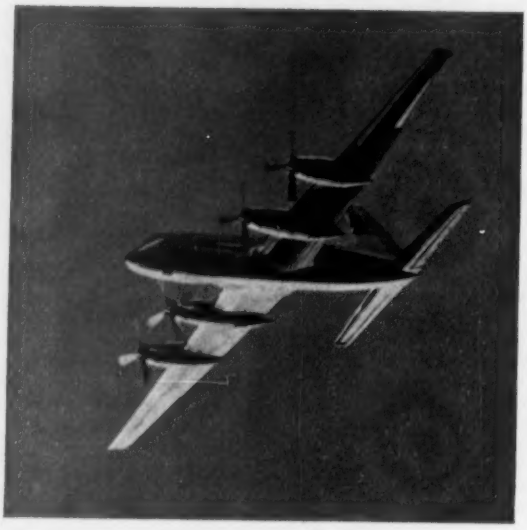


Fig. 2. — *Le Bristol « Britannia » en vol.*
On remarque la position avancée des turbopropulseurs sur l'aile.

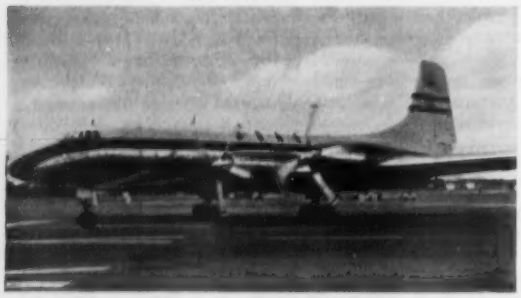


Fig. 1. — *Le « Britannia » au sol.*
Cet avion, aux lignes d'une finesse remarquable, peut emporter jusqu'à cent passagers en classe touriste ; son poids élevé a nécessité un train à bogies à quatre roues.
(Photos Office central d'information britannique).

nage des grandes agglomérations : leur bruit au décollage, qui est une sorte de sifflement très aigu, a une intensité trop forte pour ne pas incommoder considérablement les populations qui avoisinent les aéroports. Ces moteurs ne se feront une place importante dans l'aviation civile que lorsque des systèmes efficaces de silencieux auront été réalisés.

Les directeurs des grandes compagnies américaines semblent donc avoir nettement pris position, et il est heureux pour Boeing qu'ils aient étudié parallèlement leur avion comme ravitailleur en vol.

De son côté, le turbopropulseur a vu croître ses possibilités d'avenir. Alors qu'on ne le considérait initialement que comme un intermédiaire destiné à assurer un court intérim entre le moteur à pistons et le turboréacteur, la mise au point de turbopropulseurs de grande puissance, tels que l'Allison T. 40 de 5 500 ch et de consommation relativement faible, lui redonne de l'intérêt pour l'équipement des avions commerciaux à poids élevé du proche avenir. A ce point de vue, la mise en service du Bristol « Britannia » à quatre turbopropulseurs Bristol « Proteus » (fig. 1 et 2) qui doit avoir lieu très prochainement donnera des indications fort utiles sur la valeur commerciale de ce type d'appareils. Dans le même ordre d'idées, Lockeed travaille dans deux directions : d'une part, un dérivé du Super-Constellation équipé de turbo-propulseurs, d'autre part un avion-cargo militaire pour les parachutages et les transports de troupes, muni de quatre turbopropulseurs Allison T. 56 de 3 750 ch chacun, et dont les premiers essais viennent de commencer.

On peut encore citer comme avion nouveau le Vickers « Viscount » (fig. 3) dont Air-France vient d'acquérir un certain nombre d'exemplaires. Il est d'ailleurs certain que des turbopropulseurs encore plus puissants que le T. 40 américain sont à l'étude dans divers pays et qu'ils devraient pouvoir propulser les avions de transport à des vitesses peu inférieures à celle du son.

Une dernière question restera à se poser, celle de l'adaptation des hélices. Les vitesses de rotation élevées combinées à la vitesse d'avancement de l'avion font que la vitesse du son est atteinte en bout de pale. Des essais sont actuellement en cours à la société américaine Hamilton pour réaliser des hélices supersoniques. Ils semblent très prometteurs.

Ainsi donc, le turbopropulseur possède tous les atouts pour

Fig. 3. — *Le Vickers « Viscount » au cours d'un atterrissage.*
Cet appareil équipe dès maintenant les lignes de la Compagnie Air-France ; il peut emporter de quarante à cinquante passagers.

continuer une brillante carrière. Cependant, un nouvel adversaire surgit, le turboréacteur à double flux. Il s'agit là d'un turboréacteur entraînant un compresseur supplémentaire à faible taux de compression; l'air fourni par ce compresseur est mélangé à l'entrée de la tuyère avec les gaz de combustion du réacteur. La consommation de ce nouveau type de moteur se situerait entre celles du turboréacteur et du turbopropulseur.

L'émulation que l'on peut attendre pour le perfectionnement de ces différents modes de propulsion doit en tous cas aboutir à de nombreux progrès techniques, et l'on ne peut que regretter l'abandon en France du turbopropulseur T. B. 1 000 dont les premiers essais avaient pourtant été plus qu'encourageants.

J. Spincourt.

Les photos qui illustrent cet article nous ont été obligeamment communiquées par le Service d'information de l'Ambassade de Grande-Bretagne.

L'âge des ruines de Zimbabwé, en Rhodésie

Dans son n° 3225 (janvier 1954), *La Nature* a publié un article consacré aux Rhodésies, où la question des ruines énigmatiques de Zimbabwé était exposée. De quelle civilisation originale ces ruines, situées en Rhodésie du Sud, sont-elles l'imposant vestige ? Un grand pas en avant vient d'être fait vers la solution de ce difficile problème archéologique.

Le *Bulletin* de la Fédération Rhodésies-Nyassaland apprend en effet que des expériences viennent de se terminer qui permettent de fixer une date assez précise quant à l'occupation de Zimbabwé. On sait qu'une certaine quantité de carbone radioactif de poids atomique 14 se forme constamment dans l'atmosphère et que les carbones 12 et 14 y sont en équilibre, le carbone 14 se désintégrant spontanément. Tout être vivant contient donc cette même proportion de radio-carbone et notamment le bois au moment de sa formation. Après la mort des cellules, il n'y a plus d'apport de carbone : la proportion du carbone 14 diminue alors régulièrement par désintégration et devient de moitié moindre au bout de 5 720 ans.

Or, en juin 1950, le conservateur des ruines de Zimbabwé, M. Sandes, découvrit quelques morceaux de bois dans la partie supérieure d'une tranchée creusée autour des murs intérieurs du Grand Temple. Les analyses de la radioactivité de ces différentes pièces ont été conduites à Chicago en 1952, puis à Londres en 1954; il en résulte que le moment où le bois a été coupé se placerait il y a treize siècles, exactement dans la période comprise entre 1 252 années et 1 361 années (avec une marge d'erreur possible d'une centaine d'années en plus ou en moins).

On peut donc dater avec précision la construction du Grand Temple de Zimbabwé, d'où proviennent les morceaux de bois soumis aux expériences : c'est dans le courant du VIIe siècle de notre ère que se seraient édifiés le temple et, sans doute, la ville. Depuis leur découverte en 1867, les ruines de Zimbabwé ont été étudiées principalement par Randall McIver, qui y effectua des fouilles pendant quelques semaines en 1905, et par Mlle Caton-Thompson en 1929. Le premier assignait à la création de la ville le XIVe ou le XVe siècle; Mlle Caton-Thompson remontait jusqu'au IXe siècle. Cette dernière estimation était encore, semble-t-il, trop timide.

Une relique rarissime du Sahara central :
Le Cyprès de Duprez

Fig. 1. — ***Cañons de 400 m d'à-pic de l'oued Tamrit, à l'extrémité de la station relique des Cyprès (altitude : 1 850 m).***

Fig. 2. — ***Cyprès de Duprez millénaire, à 1 750 m d'altitude.***
(*Photos* A. S. Balachowsky).

Dans son numéro de mai 1950 (p. 133), La Nature *résumait les résultats d'une exploration conduite en 1949 par M. Francis Bernard, professeur à la Faculté des Sciences d'Alger, dans la région du Tassili des Ajjer, au cœur du Sahara. Notre article décrivait dans les grandes lignes cette région si remarquable et donnait une vue d'ensemble des observations scientifiques qui y avaient été faites. Complétant sur quelques points cette courte étude, M. A. S. Balachowsky, chef de service à l'Institut Pasteur, qui participait à la mission, nous parle ici d'un arbre qui mérite de retenir l'attention en raison de sa rareté et aussi des qualités exceptionnelles de résistance dont témoigne sa survie dans un site aussi déshérité.*

★

Le Tassili n'Ajjer forme au cœur même du Sahara central, entre le Hoggar et le Fezzan lybien, à la limite nord du tropique du Cancer, un vaste massif tabulaire à relief tourmenté, de 800 à 2 000 m d'altitude, d'une superficie presque aussi étendue que celle de la France. Il est constitué par des grès primaires siluro-dévoniens parmi lesquels émergent quelques massifs volcaniques basaltiques ou « Adrar » comme le Mont Azéo, son point culminant (2 346 m).

Soumis à un des plus durs climats qui soit au monde, le Tassili a subi l'épreuve des érosions à travers les milliers de millénaires des époques géologiques. Dans les grès tendres et stratifiés, l'eau a foré des gorges profondes, des couloirs tortueux, des cañons si étroits que la lumière solaire n'y pénètre guère qu'au zénith pendant quelques instants par jour. Presque toute la vie saharienne se concentre ou s'accroche dans ces vallées encaissées au pied des immenses falaises verticales (fig. 1).

Le vent souffle dans ce pays avec violence en soulevant un sable impalpable qui taraude et lisse la roche, lui imprimant des formes les plus inattendues.

Le jour, un soleil brûlant, implacable, qui brille de l'aurore au crépuscule dans un ciel sans nuages, chauffe la pierre alors que les nuits sont fraîches et même souvent froides en hiver; sous ces effets alternés, la falaise éclate, s'effrite, se calcine, et le paysage prend des aspects étranges : ici, ce sont des socles durs qui subsistent sous forme de citadelles ruiniformes en « châteaux forts » surplombant des murs stratifiés polychromes; là s'élèvent, sur des dizaines de kilomètres, de véritables « forêts » de pains de sucre alignés, aux parois laminées, lacérées, de 20 à 30 m de haut (fig. 4 et 5); ailleurs encore, la roche a été déchiquetée en fine dentelle et des blocs énormes tiennent miraculeusement en équilibre sur un pied des plus réduits.

Au milieu du massif, à 1 600 km au sud d'Alger et à 1 000 km au nord du Tchad, se trouve l'oasis de Djanet (ancien Fort Charlet), centre de l'annexe militaire des Ajjers, qui compte 1 200 sédentaires, harratines noirs pour la plupart

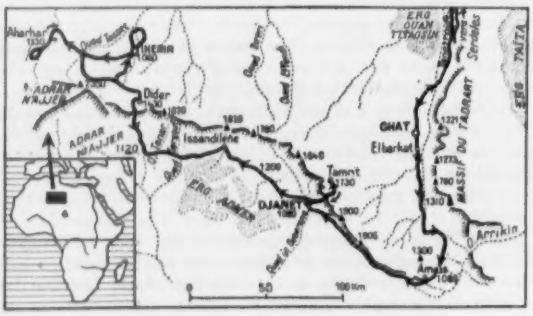


Fig. 3. — ***La région du Tassili des Ajjers parcourue par la mission scientifique de 1949.***
En pointillés, les oueds temporaires ; en traits dentés, les crêtes des montagnes ; en trait continu, l'itinéraire de la mission

Fig. 4 et 5. — *Figures d'érosion de la station de Tamrit (1 750 m).*
A droite : Cupressus dupreziana poussant dans une entaille du rocher au niveau d'une mare permanente (*Photos* A. S. Balachowsky)

(anciens esclaves libérés) et 60 000 dattiers. Pendant plus d'un demi-siècle, Djanet fut le poste avancé de la pénétration française dans le Sahara central à la limite ouest du Fezzan lybien, dans un pays qui fut longtemps turbulent et souvent hostile.

A l'est de Djanet, de l'autre côté d'une série de chaînes montagneuses parallèles dont les sommets atteignent souvent près de 2 000 m, on trouve à 100 km l'oasis de Ghat (prononcer : Ratt) conquis en 1943 sur les Italiens, formant avec l'oasis d'El-Barkat l'agglomération la plus importante du pays (4 000 habitants), peuplée également par des harratines noirs.

Une piste relie les deux oasis entre elles, mais elle n'est praticable qu'à pied à travers un terrain particulièrement difficile qui débute à 16 km de Djanet par la « gara » (montagne) de Tamrit. Aucun véhicule ne peut franchir le dédale des énormes blocs d'éboulis accumulés sur ces pentes et les chameaux du Tassili, malgré leur habitude des terrains rocheux, y font souvent des chutes mortelles comme en témoignent les nombreux ossements qui jalonnent la piste. Seuls les petits ânes gris du Sahara peuvent affronter ces obstacles, à la condition toutefois d'être hissés à bras d'homme dans quelques passages qu'ils ne pourraient franchir d'eux-mêmes.

Avant d'arriver sur le haut du plateau de Tamrit, on escalade trois montées ou « gara » successives. La première se franchit facilement et conduit à une vaste plateforme ensablée à environ 1 400 m d'altitude. Elle sert de station d' « estivation » aux officiers de Djanet qui viennent y goûter un peu de fraîcheur relative au cœur de l'été. On découvre de là un paysage typiquement tassilien, où l'horizon est fermé par des montagnes ruiniformes, flanquées d'énormes cônes d'éboulis (fig. 6). Le sentier s'engage ensuite vers la deuxième plateforme, en serpentant dans un étroit couloir de falaises effritées et calcinées, mordant tantôt sur une face des éboulis, tantôt sur l'autre ; le paysage est devenu lunaire (fig. 7). On arrive ensuite à 1 600 m au pied de la dernière « gara » formée de blocs énormes, à hauteur d'homme, à pente très raide où il n'existe plus aucun sentier tracé (fig. 8) ; sur 200 m, on escalade au

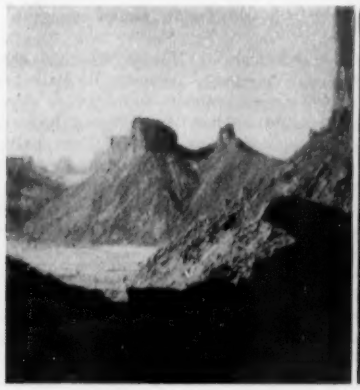


Fig. 6, 7, 8. — A gauche : Vue sur les montagnes ruiniformes du Tassili n'Ajjer à la première « gara » du sentier de Tamrit (1 400 m).
Au milieu : ***Piste de Djanet à Rhat serpentant dans des couloirs étroits d'éboulis entre les hautes falaises aux murs calcinés (1 500 m).***
A droite : ***Troisième « gara » formée d'énormes blocs éboulés sur la piste de Tamrit (1 600 m).***

Fig. 9 et 10. — *Sujets millénaires de* Cupressus dupreziana *1 750 m).*

(*Photos* A. S. Balachowsky).

jugé les rochers et on hisse ânes et matériel; la marche est très rapidement fatigante et de nombreux arrêts sont nécessaires. Le grand couloir de cette « gara » est pratiquement dépourvu de végétation, le sol étant entièrement recouvert par un chaos d'éboulis constamment renouvelés par la désagrégation des falaises latérales. Enfin, en haut de ce dédale, on arrive sur le bord du plateau et le sentier de Rhat ressuscite en direction de l'est; après 3 ou 4 km de marche, on le quitte et on se dirige sur la gauche vers un massif déchiqueté qui apparaît à 10 km, masquant l'horizon. Déjà des taches sombres se détachent : ce sont les fameux Cyprès, reliques du Tassili.

Le Cyprès de Duprez (*Cupressus Dupreziana* Camus). — Depuis près d'un siècle, on soupçonnait la présence d'une Conifère dans les montagnes du Sahara central. Duveyrier, au cours de son exploration de 1859-1861 dans le Tassili nord et le Fezzan, avait eu en main des objets touaregs fabriqués en bois résineux qu'il supposa être le Thuya d'Algérie (*Callitris articulata* Vahl.). En 1906, Chudeau (*Le Sahara soudanais*, p. 158) signale également qu'un Thuya ou un Cyprès devait exister sur la Koudia du Hoggar et dans les montagnes du Tassili. D'autres voyageurs constatèrent par la suite que de vieilles portes et des poutres maîtresses des maisons de l'oasis de Rhat et de Djanet étaient construites avec un bois d'une Conifère qui, d'après les dires des indigènes, existait encore dans les montagnes du sud du Tassili. Il fallut cependant attendre l'année 1926 pour éclaircir définitivement cette énigme, et ouvrir par là-même un des chapitres les plus passionnants de l'histoire botanique du Sahara.

En 1924, le capitaine Duprez, chef de l'annexe des Ajjers, pénétrant sur la gara de Tamrit, fut le premier Européen à voir les Cyprès; il en rapporta des branches et des fruits qu'il ne réussit pas à conserver. En 1925, au cours de sa mission Tunis-Tchad-Dahomey, Lavauden, alors directeur du Service des Eaux et Forêts de Tunisie, séjourna quelques jours à Djanet et fut conduit par le capitaine Duprez à Tamrit. Il vit trois gros Cyprès qu'il assimila d'abord à *Cupressus sempervirens* L. forme *pyramidalis*, c'est-à-dire au Cyprès pyramidal qui est spontané dans les montagnes nord-africaines (Haut Atlas, Tunisie, Cyrénaïque) (*C. R. Acad. Sc.*, 1926, p. 541). Au retour de sa mission, il remit des échantillons de ce Cyprès au Muséum national d'Histoire naturelle; ils furent étudiés par Aimée Camus qui découvrit qu'il s'agissait d'une nouvelle espèce, distincte de *Cupressus sempervirens* L.; elle la baptisa *Cupressus Dupreziana* (*Bull. Mus.*, 1926, p. 101; *Bull. Soc. dendrol. France*, 1926, p. 39-44), en hommage au capitaine Duprez qui l'avait découverte.

Lavauden signala que le Cyprès s'appelait « tarout » en tamatchek et que, d'après les vieux indigènes, de véritables forêts de cet arbre existaient autrefois (au XVIIIe siècle) dans les montagnes du sud du Tassili; les quelques exemplaires de la station de Tamrit en forment actuellement le vestige. Il supposa également que les graines de *C. Dupreziana* ne pouvaient plus germer, étant devenues inféconds et que l'action destructrice de l'homme ne pouvait être incriminée à elle seule comme cause déterminante de la disparition du peuplement. En fait, Lavauden s'était trompé, car il fut démontré par la suite que les graines du Cyprès étaient parfaitement capables de germer : R. Maire en planta en 1926 au jardin botanique de la Faculté des Sciences d'Alger; elles y donnèrent des exemplaires normaux et vigoureux; de même, le botaniste Leredde, qui fit également partie de la mission du Tassili, réussit ses semis à Toulouse en 1949.

La mission Bordes, qui explora le Hoggar en 1928 et à laquelle participa l'éminent et regretté botaniste R. Maire, ne trouva pas trace du Cyprès sur ces sommets du massif, ni même dans la mémoire ou dans le folklore des Touareg hoggars. Cependant, le docteur Quezel vient de signaler (*Bull. liaison saharienne*, p. 107-113, 1954) qu'un tronc mort de Cyprès et une grosse branche ont été découverts tout récemment dans l'oued Irherhi, sur la piste de Tazrouk à Tin Tarabine en plein Hoggar! Le Cyprès avait donc peuplé également ce massif autrefois.

D'autre part, *C. Dupreziana* existe dans d'autres localités du Tassili N'Ajjer. Leredde (Thèse de doctorat, Toulouse, 1954), qui retourna dans le massif en 1952, trouva 16 Cyprès groupés dans les failles d'Iagarouane (100 km au sud de Tamrit dans la même chaîne) et quelques autres individus éparpillés sur son parcours. L'arbre le plus petit ne dépassait pas 2 m de haut. Leredde estime à 80 la totalité des Cyprès vivants existant encore dans l'ensemble du Tassili.

A la fin de mai 1949, faisant partie de la mission d'explora-

Fig. 11. — *Le plus jeune sujet de* Cupressus dupreziana *dans la station relique de Tamrit.*

Fig. 12. — *Olivier du Hoggar et du Tassili* (Olea Laperrinei) *à Tamrit (1 700 m)* (Photos A. S. Balachowsky).

tion du Tassili, organisée par mon ami Francis Bernard, professeur à la Faculté des Sciences d'Alger, grâce au concours de la Direction des territoires du sud du gouvernement général de l'Algérie, j'ai pu séjourner pendant quelques jours dans la station de Tamrit en vue d'étudier la faune entomologique vivant sur le Cyprès saharien. La connaissance de cette faune était susceptible d'apporter des précisions complémentaires sur l'origine du peuplement.

La station de Tamrit se trouve à 1 750 m d'altitude, dans un massif déchiqueté par l'érosion (fig. 4 et 5). Des cheminées de grès coniques, cylindriques, en pain de sucre, apparaissent au milieu de falaises érodées ou effondrées aux formes étranges. Le sol est léger, siliceux, pauvre et provient de la décomposition des grès. De nombreuses mares permanentes (*aguelmanes* en tamatchek, *gueltas* en arabe) de petite étendue et de profondeur variable, subsistaient dans les failles et cuvettes naturelles de grès, bien qu'en 1949 aucune pluie ne fût tombée depuis quatre ans dans le massif. La plupart de ces « gueltas », qui furent les seules ressources en eau de la mission, étaient souillées par l'urine des chacals, très nombreux à Tamrit, et l'eau fut fort désagréable à boire, même sous forme de thé vert infusé ou de « cherba » (soupe aux pâtes des méharistes sahariens).

Dans les failles, entre les falaises, dans le creux des cañons, une vingtaine de Cyprès subsistent encore. Ils sont de tailles et d'âge différents, mais les individus âgés, millénaires, dominent. Certains arbres ont été mutilés par l'homme et sont de forme déséquilibrée, car leurs branches maîtresses ont été sciées au ras du tronc. Le plupart de ces branches n'ont même pas été emportées et gisent au pied des arbres. Le plus bel exemplaire, dont l'âge peut être très approximativement estimé à plus de 2 000 ans, dépasse 4 m dans son grand diamètre à la base du tronc (figure de la couverture), d'autres dépassent ou atteignent 2,50 m à ce même niveau (fig. 2 et 9). Le port des arbres âgés est arrondi en « boule », alors que les sujets plus jeunes sont pyramidaux (fig. 11) et rappellent la forme de *Cupressus sempervirens*. Le plus jeune Cyprès de Tamrit ne dépasse pas 5 m de haut (fig. 11) et il est difficile de se prononcer sur son âge, aucune coupe n'ayant été pratiquée dans le peuplement par notre mission. Il est vraisemblable, compte tenu de la lenteur de croissance de cet arbre et de la pauvreté du terrain, qu'il ne dépasse pas 200 ans.

Tous les sujets examinés étaient abondamment pourvus de fruits et de graines, et celles-ci, comme je l'ai dit, se sont révélées parfaitement fécondes.

Malgré des recherches persévérantes, aucun insecte ni aucune trace de dégâts (morsure, galerie, piqûre, etc.) provoqués par un phytophage quelconque, n'ont été observés sur le Cyprès qui apparaît comme une espèce végétale « azoïque » au centre du Sahara. Toute la riche faune entomologique des Cyprès méditerranéens ou orientaux, si elle a jamais existé sur *Cupressus Dupreziana*, a complètement déserté son hôte aujourd'hui.

Même les grosses branches mortes qui traînent sur le sol depuis bien des années sont intactes et dépourvues de toute trace de galeries ou de trous de sortie d'insectes xylophages (Longicornes et Apatides en particulier) qui, par contre, attaquent le bois de toutes les autres essences sahariennes qu'ils transforment rapidement en poussière (*Acacia*, *Calligonum*, *Tamarix*, *Ziziphus*, *Nerium oleander*, *Olea Laperrinei*).

Même le Termite saharien, *Anacanthotermes ochraceus*, qui dévore sans discrimination tous les bois et pullule à Tamrit dans les vieux troncs d'*Acacia seyal*, n'a pas été trouvé dans les branches abattues de *Cupressus Dupreziana*.

L'immunité des *Cupressus* à l'égard des insectes xylophages est bien connue et serait due à la présence d'alcools sesquiterpéniques qui exercent une action répulsive mais, pour le bois mort, cette immunité s'estompe en général avec le temps, ce qui ne paraît pas être le cas pour *C. Dupreziana*. On ne trouve pas non plus sur les branches dépérissantes de trace de Coléoptères Scolytides dont les galeries sous-corticales sont bien caractéristiques, alors que plusieurs espèces cohabitent sur *C. sempervirens* en Afrique du Nord et dans le Moyen-Orient.

La raréfaction des insectes phytophages est bien connue chez les espèces végétales reliques qui subsistent actuellement dans un biotope bien différent de leur milieu originel ancestral. Ce phénomène s'observe pour toutes les essences arbustives reliques du Sahara, notamment pour l'Olivier du Hoggar et du Tassili (*Olea Laperrinei*) (fig. 11) dont la faune est d'une extrême pauvreté en comparaison de celle de l'Olivier méditerranéen (*Olea europea*). Le Myrte des montagnes du Sahara central (*Myrtus nivellii*) (fig. 12) qui appartient lui aussi à l' « étage méditerranéen » du Tassili et du Hoggar, n'est parasité par aucun insecte dans ces massifs, alors que son correspondant du maquis méditerranéen (*Myrtus communis*) est habité par toute

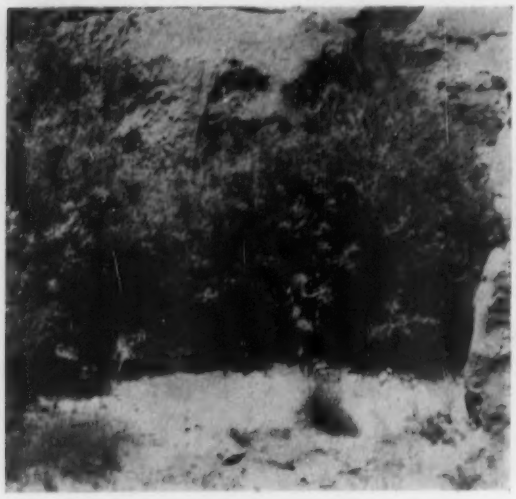


Fig. 13. — *Touffes de Myrtus Nivellii, myrte saharien de l'étage méditerranéen du Tassili et du Hoggar.*
(*Photos* A. S. Balachowsky).

une gamme d'insectes phytophages spécifiques ou subspécifiques.

Le Cyprès de Duprez est-il capable de subsister indéfiniment dans la station de Tamrit ou se trouve-t-il à la veille de disparaître à tout jamais? Cette dernière hypothèse apparaîtrait à première vue comme plus rationnelle mais elle est loin d'être confirmée par les faits.

Il est très probable que le peuplement a été détruit en grande partie par l'homme et s'il subsiste encore quelques arbres à Tamrit ou ailleurs dans les gorges du Tassili, ils le doivent essentiellement à leur isolement, loin des pistes caravanières, dans des lieux très difficilement accessibles et impraticables au transport du bois qui devrait se faire à dos d'homme. Tous les Cyprès qui se trouvaient dans des régions accessibles au chameau ont en effet été supprimés par l'homme.

Cette destruction n'implique pas nécessairement que *C. Dupreziana* ne puisse pas se régénérer *in situ* puisqu'il est démontré que ses graines sont parfaitement fécondes. D'autre part, il existe à Tamrit quelques sujets « jeunes », c'est-à-dire ne dépassant pas 200 ans d'âge à côté d'individus millénaires. Cela prouve également qu'il y a deux cents ans, des graines ont pu germer et produire des arbres. Or, s'il est admissible que le climat de Tamrit ait changé par rapport à celui d'il y a 2 000 ou 3 000 ans, il est beaucoup moins certain qu'une modification notable ait pu se produire depuis deux siècles, où les conditions qui régnaient à Tamrit devaient être en tous points identiques à celles d'aujourd'hui.

Au Sahara, le rythme de la vie ne peut se comparer à celui des régions plus humides, méditerranéennes ou tropicales. Pendant cent ans les graines ne germent pas, mais il suffit d'une série d'années humides et favorables, faisant déborder les guelta qui forment alors de véritables lacs, comme cela s'est produit déjà de mémoire d'homme, pour que les conditions qui favorisent la germination des graines se trouvent réalisées et que nous assistions à l'éclosion de jeunes Cyprès. Beaucoup de ceux-ci disparaîtront par la suite, mais quelques-uns pourront toutefois subsister comme en témoignent les plus jeunes exemplaires du Tassili.

Théoriquement, rien ne s'oppose donc à la persistance de la station à la condition, toutefois, de la protéger efficacement contre l'action destructrice de l'homme. Cependant, il n'est pas douteux que les conditions de végétation du Cyprès du Sahara central restent difficiles et précaires et qu'elles sont très différentes de celles qui existaient à l'origine du peuplement.

Cupressus Dupreziana fait partie avec *Olea Laperrinei*, *Myrtus Nivellii*, des quelques « reliques » végétales méditerranéennes qui subsistent aujourd'hui, grâce à l'altitude, dans les montagnes du Tassili et la Koudia du Hoggar. Cette flore n'a pu s'installer au Sahara central que durant une période plus humide et plus fraîche qu'il convient de faire remonter au moins à la dernière glaciation, peut-être même à une époque plus ancienne. Certains éléments ont pu alors passer de la zone littorale ou sublittorale, où il faut rechercher leur origine, jusqu'au cœur même du Sahara. La sécheresse qui a suivi cette période a fait disparaître tous les éléments des parties basses et des massifs, excepté dans les quelques stations résiduelles où ils subsistent encore aujourd'hui.

Le Cyprès de Duprez constitue aujourd'hui au cœur du Sahara la « relique » la plus représentative et la plus remarquable de ce peuplement méditerranéen.

***Intérêt économique de* Cupressus Dupreziana. —** Les Cyprès méditerranéens (*C. sempervirens*, *C. lambertiana*) sont non seulement des arbres d'ornement mais aussi des brise-vents utilisés dans de nombreuses cultures fruitières subtropicales. En Provence, en Italie, dans le Proche-Orient, en Afrique du Nord, en Afrique du Sud, en Californie, en Floride, ils forment de grands écrans protecteurs pour toutes les orangeries et pour les cultures d'arbres fruitiers à pépins ou à noyau.

Les Cyprès méditerranéens actuellement utilisés ne peuvent guère prospérer en dessous d'une pluviométrie de 300 mm; une irrigation complémentaire et souvent abondante est indispensable à leur développement normal.

Il n'est pas douteux que *C. Dupreziana* résiste beaucoup plus à la sécheresse que ses congénères méditerranéens. A Tamrit, il subsiste dans une station où la pluviométrie annuelle est inférieure à 20 mm! Il peut même se passer complètement de pluie pendant plusieurs années (1945-1949). Ce Cyprès est donc certainement l'espèce la plus xérophile que l'on connaisse et, plantée comme brise-vent, il doit exiger une irrigation très inférieure à celle des Cyprès méditerranéens actuellement utilisés dans les cultures.

Il est encore difficile de se prononcer sur les autres qualités « commerciales » de ce Cyprès saharien, notamment sur sa rapidité de croissance en terre cultivée. Les individus issus de graines plantées par R. Maire à Alger et Leredde à Toulouse poussent aussi rapidement que les Cyprès ordinaires et, si *C. Dupreziana* croît très lentement à Tamrit, rien ne permet d'affirmer que, transporté dans un milieu plus favorable, sa rapidité de croissance ne serait pas décuplée. Nous savons, par exemple, que le Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) croît très lentement dans les conditions naturelles du Maroc oriental et sud-oriental alors que, mis en culture, sa poussée est aussi rapide que celle de *Pistacia vera*.

La rusticité de *C. Dupreziana*, sa grande résistance à la sécheresse, son port étalé, son feuillage serré, sont autant de qualités fondamentales recherchées pour un Cyprès utilisé comme brise-vent en aridoculture ou dans les plantations irriguées en terrain semi-aride où les Cyprès méditerranéens souffrent ou exigent une quantité d'eau d'irrigation élevée et coûteuse.

Sur le plan purement économique, des recherches en vue d'utiliser *C. Dupreziana* comme brise-vent dans les cultures méditerranéennes et steppiques méritent donc d'être entreprises.

A. S. Balachowsky,
Chef de service à l'Institut Pasteur,
Membre de l'Institut de recherches sahariennes.

Les acides organiques dans la photosynthèse

Il y a un an, M. Alexis Moyse, consacrant trois articles aux synthèses dans la vie des plantes, résumait dans son deuxième exposé (La Nature, *novembre 1953, p. 334*) *les connaissances actuelles sur la réduction de l'anhydride carbonique et les mécanismes de la photosynthèse, en montrant les moyens d'étude mis au point notamment par Calvin et ses collaborateurs à l'Université de Californie. Dans le présent article, M. Jules Carles examine quelques hypothèses sur le déroulement de ces mécanismes, où les acides organiques jouent un rôle de premier plan.*

★

Trop méconnus jusqu'alors, les acides organiques ont depuis un certain temps pris leur revanche, et leur importance dans la Biochimie ne cesse de croître. Nous le devons surtout à la découverte du cycle citrique ou tricarboxylique par Martius et Krebs et à celle de la réaction de Wood et Werkman. Si elles n'étaient pas venues à la suite de ces travaux, il n'est pas douteux qu'auraient continué à piétiner sur place les études sur le mécanisme de la photosynthèse.

Le cycle citrique. — Le cycle citrique ou tricarboxylique est un mécanisme très efficace d'oxydation et de décarboxylation, à tel point qu'on peut le comparer à une meule qui broyerait les molécules carbonées pour en extraire le gaz carbonique : une molécule d'acide pyruvique pénètre dans ce cycle, et, lorsque le tour est fini, trois molécules de gaz carbonique se sont dégagées, libérant une assez importante quantité d'énergie qu'utilise la vie.

Ce cycle merveilleux (fig. 1) fut assez long à construire, mais lorsqu'on s'aperçut que tous les acides postulés par la théorie pour boucler le tour existent bien dans le vivant, qu'il s'y trouve aussi les diastases spécifiques pour catalyser chacun des passages [1], personne ne douta plus que ce cycle, loin d'être une pure vue de l'esprit, était l'un des grands pourvoyeurs de l'énergie vivante.

Pour entrer dans le cycle, en s'unissant à l'acide oxaloacétique, l'acide pyruvique perd son carboxyle et nous obtenons non pas un mais trois acides hexacarbonés successifs, car un équilibre s'établit où domine largement le citrate (80 pour 100), mais où l'on trouve 16 pour 100 d'isocitrate et 4 pour 100 d'aconitate. Le cycle s'amorce par l'isocitrate qui, perdant deux atomes d'hydrogène, passe à l'oxalosuccinate, dernier acide hexacarboné, dernier acide tricarboxylique. En perdant son carboxyle central, celui-ci devient cétoglutarate; le cétoglutarate perd un carboxyle terminal, aussitôt remplacé par l'oxydation de l'atome de carbone qui est devenu terminal, et nous avons le premier acide tétracarboné, le succinate. L'oxydation continue par la perte de deux atomes d'hydrogène et le passage au fumarate, puis au malate, et, par une nouvelle déshydrogénation, à l'oxaloacétate capable de s'unir à une nouvelle molécule de pyruvate (Beaucoup de détails à ce sujet ont été donnés dans le Symposium sur le cycle tricarboxylique, en juillet 1932).

Nous pouvons donc résumer le travail du cycle citrique par cette équation :

$$CH_3 - CO - COOH + 3H_2O = 3CO_2 + 10H$$

et l'on devine quelle énergie, quel potentiel d'oxydo-réduction représentent ces 10 atomes d'hydrogène libérés.

1. Il est à noter toutefois que jusqu'ici on n'a jamais décelé dans une même espèce végétale tous les enzymes du cycle de Krebs.

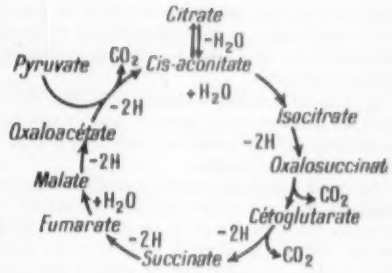


Fig. 1. — *Cycle citrique.*

Et voilà que soudain l'intérêt de ce cycle grandit encore. Ces réactions, puisqu'elles sont catalysées par des diastases, sont réversibles, et chacune de celles qui servent à libérer du gaz carbonique peut, si elle se réalise dans l'autre sens, servir à en fixer.

La réaction de Wood et Werkman. — En 1936, Wood et Werkman étudiant le métabolisme d'une bactérie commune du fromage, le *Propionibacterium*, démontrèrent qu'il était capable de fixer du gaz carbonique sur ses acides organiques. L'importance de cette découverte devint évidente lorsqu'on eut démontré que cette réaction est fréquente, non seulement chez les végétaux, mais jusque chez les animaux, et lorsqu'on eut remarqué que les acides organiques qui se situent aux carrefours importants du métabolisme se terminent par — CO — COOH, formule qui représente exactement le terme auquel parvient la réaction de Wood et Werkman. Et l'on s'avisa qu'il était bien plus normal d'admettre que le gaz carbonique entrant dans le métabolisme vivant se contente d'abord de réduire l'une de ses quatre valences au lieu d'en réduire trois d'un seul coup. La conclusion fut que le carbone entrait normalement dans le végétal par une réaction de Wood et Werkman, en se fixant sur un acide organique préexistant.

Les enseignements du carbone radioactif. — Grâce au carbone radioactif ^{14}C, ces théories ont été remarquablement confirmées et la plus évidente conclusion de ces expériences est que l'ancienne théorie qui postulait la formation primitive de l'aldéhyde formique se trouve dépourvue de tout fondement. Le carbone marqué, dans les premières secondes de sa fixation, n'a jamais apparu sur des molécules monocarbonées ou dicarbonées, mais uniquement dans des molécules tricarbonées ou même tétracarbonées.

Pour réaliser cette expérience, on place de petites algues vertes dans un milieu dont tout le gaz carbonique a son carbone marqué, $^{14}C^*O_2$. On les illumine alors et on les précipite au bout de 5 secondes dans de l'alcool bouillant qui fixe et bloque toutes les réactions diastasiques. M. Calvin et ses collaborateurs ont constaté que ^{14}C n'apparaît d'abord que sur des molécules au moins tricarbonées. Au bout de 5 secondes, 87 pour 100 de ce C^* se trouve dans l'acide phosphoglycérique, 10 pour 100 dans l'acide phosphopyruvique et 3 pour 100 dans l'acide malique; soit 97 pour 100 de tricarbonés et 3 pour 100 de tétracarbonés [1].

Si l'éclairement diminue, la fixation met plus longtemps à se faire. Si, au lieu de 104 000 lux, la plante n'en reçoit que 4 300, le C^* se retrouve uniquement, au bout de 30 secondes, sur des molécules tricarbonées, l'acide phosphopyruvique et

1. Chemical transformations of carbon in photosynthesis, *Federal Proceedings*, **1950**, **9**, **524-534**. Le mécanisme de la photosynthèse, par A. Moyse, *La Nature*, novembre 1953, p. 334.

surtout l'acide phosphoglycérique; l'acide phosphorique se fixe d'abord sur l'atome 2 de carbone; à basse température le 2-phosphoglycérate augmente, tandis qu'à une température plus élevée, il est moins stable et le 3-phosphoglycérate domine.

Si l'éclairement baisse encore et si la plante ne reçoit plus par exemple que 540 lux, les molécules tétracarbonées prennent leur revanche et ce sont elles qui prédominent sous forme d'acide malique.

Si nous considérons maintenant la place de ^{14}C dans les produits de synthèse, nous pouvons tirer de très intéressants renseignements, soit des premières molécules marquées, soit de celles qui le sont dans la suite.

Au cours d'une très courte exposition à la lumière, les acides marqués le sont toujours par leur carboxyle, et c'est un argument de poids en faveur de la réaction de Wood et Werkman. Le gaz carbonique, dont le carbone a ses quatre valences oxydées, commence donc par en réduire une seule, celle qui va lui permettre de s'accrocher à l'atome de carbone de la molécule réceptrice; la valence d'oxygène libéré fixe un atome d'hydrogène :

$$\begin{array}{ccc} O & & OH \\ \| & & | \\ C=O & \rightarrow & -C=O \end{array}$$

Puisque le carboxyle seul est marqué, il est évident que le gaz carbonique est fixé sur une molécule préexistante qui est ordinairement une molécule dicarbonée. Quelle est cette molécule ? Nous arrivons ici au problème fondamental de la photosynthèse puisque la photosynthèse ne se ferait pas si ces molécules ne se trouvaient pas dans la plante lorsque la chlorophylle illuminée par le soleil dispose d'un abondant capital énergétique.

Si, au lieu de durer quelques secondes, l'exposition à la lumière dure plus longtemps, le nombre de molécules dans lesquelles apparaît le carbone marqué se multiplient, surtout parmi celles qui sont plus grosses, mais aussi parmi celles qui sont plus petites. Il apparaît dans les glucides, le saccharose en particulier, avec ses deux constituants, le glucose et le fructose, celui-ci d'abord deux fois plus abondant que celui-là. Détail plus intéressant, le gaz carbonique se fixe sur des molécules dicarbonées marquées, et ceci nous suggère l'existence d'un cycle capable de donner assez vite naissance à ces molécules dicarbonées dont la photosynthèse a besoin. Si les synthèses chlorophylliennes ne partent pas comme on le croyait jadis d'une « table rase », mais exigent pour fixer le gaz carbonique un certain substrat, ce cycle a tôt fait de renouveler les éléments de ce substrat.

De très intéressants renseignements nous sont fournis par la place des atomes de carbone marqués dans la molécule du fructose ou du glucose. Ce carbone est surtout localisé dans les chaînons 3 et 4 sans aucune dominance; les chaînons 2 et 5 sont beaucoup moins marqués, mais le sont un tout petit peu plus que 1 et 6. On a pu estimer que 52 pour 100 des atomes marqués étaient en position 3 ou 4 : ces deux positions sont ainsi deux fois plus favorisées que les autres.

Vers les molécules dicarbonées. — Que pouvons-nous conclure de cela ? Tout d'abord que la synthèse des glucides s'effectue à partir de deux molécules tricarbonées symétriques, et nous pensons tout de suite à l'acide phosphoglycérique, le premier né de la photosynthèse, molécule tricarbonée dont le seul carboxyle est d'abord marqué : il est évident que la soudure se fait par les deux carboxyles puisque dans la molécule hexacarbonée les atomes 3 et 4 seront les seuls marqués. Un des points et non des moindres de la synthèse des glucides semble élucidé. Cependant les atomes de carbone marqués envahissent progressivement les autres positions qui ne parviendront que très tard à égaler les positions 3 et 4. Cela nous montre que les

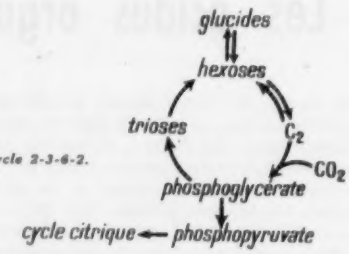


Fig. 2. — *Cycle 2-3-6-2.*

molécules dicarbonées réceptrices du gaz carbonique sont assez vite marquées : une molécule récemment synthétisée se fragmente donc en molécules dicarbonées porteuses de carbone marqué.

Deux hypothèses sont possibles : la plus simple à première vue serait le fractionnement de l'un des hexoses néoformés en trois tronçons, la seconde serait la scission d'une molécule tétracarbonée.

Le fractionnement des hexoses en trois parties égales est assez peu étayé au point de vue chimique, et cependant Dische a signalé que les tissus animaux sont capables d'établir un équilibre entre l'aldéhyde glycolique (CH_2OH — CHO) et les hexoses $C_6H_{12}O_6$: un équilibre ne saurait s'établir si la réaction n'est pas possible dans les deux sens.

Nous pouvons donc supposer que cet équilibre existe chez les végétaux, un équilibre tourné cette fois vers la formation de l'aldéhyde glycolique et de l'acide glycolique (fig. 2). Le cycle s'établirait ainsi d'après Fager, Rosenberg et Gaffron. Dans ces perspectives les faits s'expliqueraient assez bien. Deux molécules d'acide glycérique dont le carboxyle est marqué se changeraient en triose et s'uniraient pour donner une molécule d'hexose, marquée sur ses atomes de carbone 3 et 4. Si cette molécule se fractionne en trois parties égales, emportant l'une les carbones 1 et 2, la deuxième les carbones 3 et 4 et la troisième les carbones 5 et 6, seul le deuxième fragment serait porteur de ^{14}C. Le gaz carbonique marqué se fixe alors sur chacune de ces molécules qui deviennent tricarbonées et se soudent deux à deux de nouveau pour donner un hexose. Ce nouvel hexose sera marqué en 3 et 4, mais aussi sur les atomes 1 et 2 ou bien 5 et 6 si le fragment qui portait les atomes 3 et 4 de la synthèse précédente est entré dans cette nouvelle synthèse avec ses trois atomes marqués (fig. 3). Nous ne sommes pas très loin des résultats observés, avec cependant une petite différence en faveur des carbones 2 et 5 dont nous n'arrivons pas à dire pourquoi ils sont un peu plus marqués que 1 et 6.

De nombreux biochimistes sont plutôt en faveur de la deuxième hypothèse, celle de la scission d'une molécule tétracarbonée. Et nous pensons tout de suite aux acides malique HOOC — CHOH — CH_2 — COOH, fumarique HOOC — CH = CH — COOH et succinique HOOC — CH_2 — CH_2 — COOH que distingue seulement une plus ou moins grande oxydation des deux carbones centraux. On a déjà trouvé dans les moisissures le mécanisme diastasique qui forme l'acide succinique avec deux molécules d'acide acétique CH_3 — COOH; ce méca-

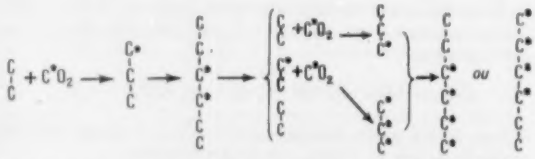


Fig. 3. — ***Schéma du processus de marquage des atomes carbonés des hexoses.***

Les carbones marqués d'un astérisque sont les carbones ^{14}C radioactifs.

nisme peut s'inverser et produire la scission de la molécule succinique en deux molécules d'acide acétique.

Mais cette hypothèse a l'inconvénient de ne pas rendre compte du fait que ne sont marqués que très lentement l'acide succinique et l'acide fumarique par le gaz carbonique : ces acides interviennent dans les processus de la respiration mais assez peu, semble-t-il, dans celui de la photosynthèse. Il reste donc l'acide malique dont nous ne pouvons pas dire qu'il s'impose nécessairement, mais il est au moins pour l'instant le seul candidat sérieux pour cette fonction.

L'acide malique apparaît très vite, nous l'avons vu, dans la photosynthèse normale, bien qu'en très faible quantité puisqu'il n'atteindrait que 3 pour 100, Il prend sa revanche en faible lumière, au point d'être à peu près le seul marqué. Pour recevoir le gaz carbonique, les molécules tricarbonées sont alors plus nombreuses que les dicarbonées. L'apparition des molécules dicarbonées serait facilitée par la photosynthèse, tandis que la respiration active entraîne une rapide glycolyse et une surabondance d'acide phosphoglycémique : le gaz carbonique se fixe sur lui et ceci expliquerait l'abondance de l'acide malique.

Tableau I

Les principaux acides organiques

COOH | CH_2 | HOC — COOH | CH_2 | COOH a. citrique	COOH | CH_2 | C — COOH || CH | COOH a. *cis*-aconitique	COOH | CH_2 | HC — COOH | CHOH | COOH a. isocitrique	COOH | CH_2 | HC — COOH | CO | COOH a. oxalosuccinique	COOH | CH_2 | CH_2 | CH_2 | COOH a. glutarique	COOH | CH_2 | CH_2 | CO | COOH a. cétoglutarique
COOH | CH_2 | CH_2 | COOH a. succinique	COOH | CH || CH | COOH a. fumarique	COOH | CH_2 | CHOH | COOH a. malique	COOH | CH_2 | CO | COOH a. oxaloacétique		
COOH | CH_2 | COOH a. malonique	COOH | CHOH | CH_2OH a. glucérique	COOH | CO | CH_2OH a. hydroxypyruvique	COOH | CO | CH_3 a. pyruvique		
COOH | CH_3 a. acétique	COOH | CH_2OH a. glycolique	COOH | CHO a. glyoxylique	COOH | COOH a. oxalique	HCOOH a. formique	

Warner et Buller ont étudié cet acide malique formé en lumière très faible. Les atomes de carbone 2 et 3 ne sont porteurs à eux deux que de 21 pour 100 du carbone marqué tandis que le carbone 1 en porte 34 pour 100 et le carbone 4 45 pour 100 : les deux carboxyles sont de beaucoup les plus marqués et ceci ne nous surprend pas. Si cet acide se clive en deux molécules dicarbonées qui seront le substrat de la photosynthèse, il est facile de prévoir que dans l'hexose formé nous trouverons à côté des chaînons 3 et 4 qui resteront les plus marqués, les chaînons 2 et 5 qui le seront eux-mêmes beaucoup puisque, normalement, le gaz carbonique s'est fixé sur les carboxyles et que ces carboxyles se trouveront dans le glucose en position 2 ou 5. En réalité, les chaînons 2 et 5 ne sont guère plus marqués que les chaînons 1 et 6 et ceci n'est pas en faveur de l'acide malique comme intermédiaire principal.

Un autre argument de poids contre cet acide est que, si on l'empêche de se former par un tampon de malonate de sodium, la photosynthèse n'est pas arrêtée : elle se fait tout de même un peu moins vite, sans qu'on puisse affirmer que ce ralentissement provient de l'absence de l'acide malique. Il est donc évident que l'acide malique n'est pas dans la photosynthèse un intermédiaire nécessaire puisqu'elle peut se faire sans lui, mais il faut bien se garder d'aller beaucoup plus loin dans nos affirmations car la vie est riche de moyens et nous savons fort bien qu'elle peut obtenir les résultats essentiels par de multiples voies.

Il est vraisemblable que l'acide malique intervient néanmoins dans la photosynthèse normale et que nous lui devons la légère prédominance des carbones 2 et 5, plus marqués que 1 et 6, alors que la voie glucidique n'expliquerait pas cette différence. Même si, dans les conditions les plus ordinaires, elle est une voie secondaire, elle n'en présente pas moins une très grande importance car elle explique et justifie la présence dans la plante de certains acides à chaîne trop courte pour entrer dans le cycle tricarboxylique. Il existe pour les acides di- et tricarbonés, un cycle dont nous allons essayer de préciser les voies.

Hypothèses. — Nombreux sont déjà les cycles proposés. Si l'on admettait que le premier composé formé par la fixation du gaz carbonique est l'acide pyruvique, il est vraisemblable que cette fixation s'opérerait sur l'acide acétique (l'hydrogène qui entre dans cette réaction provenant de l'eau décomposée en présence d'un enzyme qui est alors réduit) :

$$\underset{\text{Acide acétique.}}{CH_3 - COOH} + CO_2 + 2\,H \longrightarrow \underset{\text{Acide pyruvique.}}{CH_3 - CO - COOH} + H_2O.$$

Si l'on admettait d'autre part comme premier corps formé l'acide phosphoglycérique, le point de départ serait l'acide glycolique $CH_2OH - COOH$: par une réaction de Wood et Werkman il se transforme en acide hydroxypyruvique, $CH_2OH - CO - COOH$, qui devient de l'acide glycérique par l'arrivée de deux atomes d'hydrogène.

L'acide pyruvique occupe dans le métabolisme animal une place de carrefour si importante qu'on a d'abord songé à lui comme premier corps formé et l'acide glycérique trouvé dériverait de lui. Le cycle de la photosynthèse se présenterait alors

ainsi (fig. 4) : le pyruvate passerait au malate par fixation d'une molécule de gaz carbonique, du malate à l'acétate par scission de la molécule et de l'acétate au pyruvate par une nouvelle fixation de gaz carbonique. Le cycle proposé se révèle très simple et l'on ne peut lui reprocher d'être sans fondement biochimique, puisqu'il n'est autre chose que l'inverse du cycle respiratoire de Thunberg-Wieland. Malheureusement des études plus précises ont montré que ce n'est pas l'acide pyruvique mais l'acide glycérique qui est le premier formé, le corps originel.

L'acide glycérique nous oriente vers un autre cycle que nous présente ainsi Ochoa. Les deux points essentiels, les deux carrefours, en sont les acides glycolique et phosphoglycérique. Le passage du glycolique au glycérique se fait comme nous l'avons dit par l'intermédiaire de l'acide hydroxypyruvique, mais alors l'orientation peut être prise soit vers les trioses et les glucides, soit vers l'acide pyruvique et l'acide malique qui par sa scission en présence d'une molécule d'eau donne naissance à l'acide glycolique. Mais ici se place une bifurcation possible, car Burris et ses collaborateurs ont découvert dans le Tabac un ensemble de diastases qui orienteraient l'oxydation de l'acide glycolique vers l'acide glyoxylique, l'acide formique et le gaz carbonique. Ochoa pense que cette réaction pourrait être réversible et jouer un assez grand rôle dans la photosynthèse. Il parvient ainsi à un schéma (fig. 5) dont on ne peut nier qu'il soit satisfaisant pour l'esprit, car chacune des réactions qu'il fait intervenir a été trouvée chez différents végétaux avec les diastases qui permettent à la réaction de se faire; du point de vue énergétique l'hypothèse est aussi tout à fait acceptable puisque la synthèse d'un hexose selon ce schéma ne demande que l'utilisation de l'énergie de 4 liaisons phosphoriques, alors que l'oxydation totale d'une molécule d'hexose permet d'en former 36.

Une nouvelle hypothèse vient d'être suggérée à Calvin par la découverte d'un heptose marqué dès les premières secondes de la photosynthèse, le sédoheptulose [1]. La molécule dicarbonée dont nous cherchons l'origine proviendrait ainsi d'un heptose que cette amputation transformerait en un pentose, le ribose. Ce pentose pourrait à son tour fournir à la photosynthèse une nouvelle molécule dicarbonée en se transformant en triose ou en acide tricarboné. L'heptose serait formé par combinaison avec une molécule tétracarbonée, telle que l'érythrose, d'une molécule tricarbonée provenant de la fixation par la photosynthèse de gaz carbonique sur une molécule dicarbonée. Les travaux en cours préciseront la place, prépondérante peut-être, occupée par cette voie dans les mécanismes de la photosynthèse.

Le cycle réel. — La vie est si complexe qu'il est prudent d'admettre que ces trois cycles ne s'excluent pas l'un l'autre mais sont capables de se suppléer au besoin, et ils ne sont probablement pas les seuls. L'acide malique dont nous avons signalé l'importance, sinon la nécessité, se scinde normalement, lorsque la photosynthèse est active, en deux molécules d'acide glycolique CH_2OH — COOH en fixant une molécule d'eau, et c'est la voie normale vers l'acide glycérique. En milieu réducteur l'acide glycolique se forme beaucoup moins abondamment : il y en a dix fois moins à 1 pour 100 d'oxygène qu'à 10 pour 100; le milieu réducteur favorise, à condition bien entendu qu'il s'y trouve les diastases voulues, la formation de l'acide acétique et nous met ainsi sur la voie de l'acide pyruvique. Si au lieu d'être réducteur, le milieu est très oxydant, un autre acide peut prendre naissance par scission de la molécule d'acide malique et c'est, par fixation d'oxygène, l'acide glyoxylique CHO — COOH. N'oublions pas que ces trois acides peuvent facilement passer de l'un à l'autre par le chemin de l'acide glycolique, intermédiaire normal entre le plus réduit,

1. G. Fenyes. Sucres en C_7 ou heptoses, *La Nature*, août 1954, p. 397-398.

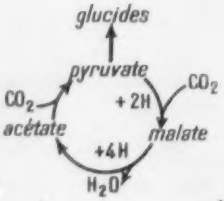
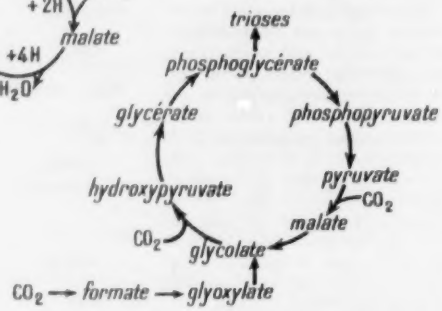


Fig. 4 *(à gauche).* — ***Cycle 2-3-4-2 à carrefour pyruvique.***

Fig. 5 *(ci-dessous).* — ***Cycle 2-3-4-2 à carrefour glycérique.***



l'acide acétique, et le plus oxydé, l'acide glyoxylique. L'acide glyoxylique se trouve donc sur la voie de l'oxydation. Il arrive que l'oxydation ne s'arrête pas là et deux aiguillages peuvent exister : ou bien l'aldéhyde de l'acide glyoxylique se transforme en carboxyle et nous avons l'acide oxalique :

$$HOOC — CHO + O = HOOC — COOH$$

ou bien la molécule se scinde en fixant une molécule d'eau et nous avons deux molécules d'acide formique :

$$HOOC — CHO + H_2O = 2HCOOH.$$

Ces deux réactions ne sont pas des vues de l'esprit : elles ont été constatées dans la nature. Burris et ses collaborateurs ont découvert dans le Tabac les diastases qui assurent le passage de l'acide glyoxylique à l'acide formique. D'autre part, le passage de l'acide glyoxylique à l'acide oxalique est connu depuis longtemps, ainsi que de l'acide formique à l'acide oxalique.

L'acide glyoxylique entre ainsi dans un équilibre chimique dont l'orientation dépendra de la réaction du milieu : en milieu oxydant il donnera de l'acide oxalique ou de l'acide formique, en milieu réducteur de l'acide glycolique. Pendant les périodes actives de photosynthèse le milieu est normalement réducteur : si l'acide glyoxylique se formait, il serait très vite orienté vers l'acide glycolique et vers les glucides par la voie de l'acide glycérique. La photosynthèse étant ralentie par suite de l'obscurité, cette voie s'obstruerait et l'acide malique augmenterait. Dans ce milieu beaucoup moins réducteur, le cycle tricarboxylique prendrait sans doute de l'importance, mais aussi la voie vers l'acide formique qui semble être, pour la production et l'excrétion du gaz carbonique, une voie secondaire. Il existe pourtant pour ces atomes de carbone, dont une valence seulement est réduite, une voie de stockage : c'est l'acide oxalique. Cet acide se précipite sous forme d'oxalate et peut ainsi s'accumuler rapidement. Comme il paraît résulter des travaux de nombreux chercheurs, A. Assailly en particulier, cette précipitation ne dépend pas seulement de conditions chimiques mais aussi de conditions anatomiques. Les cristaux d'oxalate de calcium formés dans les cellules sont entourés d'une membrane comparable à celle qui entoure les grains d'amidon. Or, il semble que tous les végétaux ne soient pas capables de fabriquer cette membrane cristallogène de nature vraisemblablement plastidale, et ce serait sans doute la raison pour laquelle on ne trouve pas de cristaux d'oxalate intracellulaires dans toutes les plantes. Il semble d'ailleurs qu'il existe entre ces membranes d'oxalate et d'amidon non seulement une ressemblance, mais une certaine parenté: on ne trouve peut-être pas de cristaux d'oxalate dans toutes les plantes capables de fabriquer de l'amidon, mais nous n'avons jamais trouvé de cristaux d'oxalate

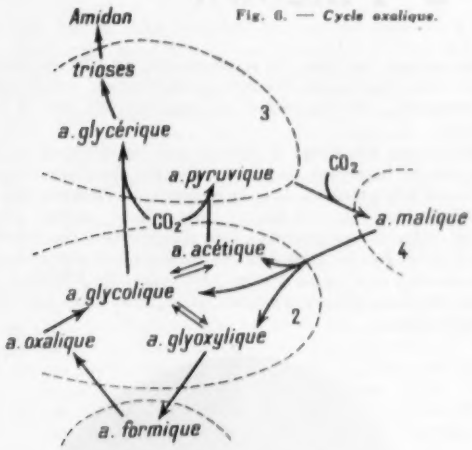


Fig. 6. — *Cycle oxalique.*

intracellulaires chez les plantes qui ne forment pas d'amidon [1]. L'oxalate extracellulaire se rencontre au contraire jusque chez les champignons.

Amidon et oxalate sont tous les deux des formes de condensation du carbone, avec cette différence que dans l'oxalate le carbone n'a qu'une valence réduite tandis qu'il en a trois dans l'amidon. A l'époque, peu lointaine d'ailleurs, où l'on pensait que le gaz carbonique est réduit à peu près d'un seul coup par la photosynthèse, l'acide oxalique ne pouvait être considéré que comme un produit d'excrétion puisque la première réaction de la photosynthèse parvenait jusqu'à l'aldéhyde formique HCHO, deux fois plus réduit que l'acide oxalique. Une vue plus claire des réactions photosynthétiques, mais surtout la facilité de passage entre l'acide oxalique et l'acide glycolique, qui paraît être de plus en plus le pivot de la photosynthèse, nous font envisager les choses d'une toute autre façon.

Dès lors, toutes les observations s'organisent pour confirmer cette idée que l'oxalate représente, au moins dans certains cas, un stockage plus ou moins provisoire. Les cristaux intracellulaires ne se déposent-ils pas ordinairement dans le voisinage des tissus riches en chlorophylle ?

Il existe de plus entre les grains d'amidon et les cristaux d'oxalate une assez nette corrélation, comme l'a montré A. Assailly. Les grains d'amidon se multiplient autour des cristaux d'oxalate qui disparaissent, au point d'être groupés parfois autour d'une membrane vide d'oxalate, rappelant ces images que les bactériologistes nous présentent parfois d'une cellule attaquée par des bactéries qui semblent la dévorer.

Le passage de l'acide oxalique à l'amidon est facile par de multiples voies : la plus normale, semble-t-il, est la modification de l'équilibre de l'acide glyoxylique : si le milieu est moins oxydant, l'acide glycolique se forme aux dépens de l'acide oxalique qui se transforme soit directement en acide glycolique, soit par la voie de l'acide glyoxylique : deux atomes d'hydrogène captent un des atomes d'oxygène du carboxyle et deux autres atomes d'hydrogène prennent leur place.

Les acides dicarbonés et tricarbonés entrent ainsi dans une série d'équilibres complexes que l'on peut appeler un cycle puisque ce sont les mêmes molécules qui le parcourent pour revenir modifiées à leur point de départ. L'élément le plus stable et le plus fortement discernable en est l'acide oxalique qui précipite sous forme de sel calcique chez un grand nombre de plantes. Il est probable que toutes les plantes sont capables de produire cet acide, même si elles ne le stockent pas.

Nous pouvons appeler cycle oxalique (fig. 6) ce cycle dont l'essentiel est formé par l'ensemble des acides dicarbonés avec tous les degrés d'oxydation sur l'atome de carbone non carboxylé : les quatre valences en sont réduites dans l'acide acétique, trois seulement dans l'acide glycolique, deux dans l'acide glyoxylique et une dans l'acide oxalique. Cet équilibre remarquable présente un abrégé de toutes les possibilités réductrices de la photosynthèse. Nous devinons l'importance primordiale que prennent ici tous les équilibres et les processus d'oxydo-réduction. Si ne jouaient pas les interconversions, nous pourrions dire que là se décide l'avenir biochimique de la plante avec cette triple direction : la plus réduite vers les lipides, la moyenne vers les glucides et la plus oxydée vers l'acide oxalique qui n'est donc pas toujours une voie d'excrétion mais peut être une voie de stockage, car le carbone dont une valence est déjà réduite est tout de même plus intéressant que le gaz carbonique.

Conclusion. — Les biochimistes s'étaient peu intéressés jusqu'ici aux acides organiques qui semblaient être des produits de déchet dans la voie de l'oxydation. L'intérêt se portait surtout vers les composés porteurs de carbone désoxydé tels que les lipides, de carbone monooxydé comme les glucides, ou même dioxydé comme les aldéhydes et les cétones, mais guère aux porteurs de carbone trioxydé tels que les acides.

Et soudain le monde des acides organiques dévoile à nous ses richesses et ses possibilités insoupçonnées.

Parmi d'innombrables diastases, un jeu subtil de liaisons phosphoriques facilite les équilibres d'oxydo-réduction et les réactions de Wood et Werkman. En simplifiant des cycles trop complexes pour notre biochimie encore en enfance, nous parvenons à une vue d'ensemble des chemins et des carrefours de la photosynthèse. Tout se résout en équilibres complexes régis par les lois mal connues de l'oxydo-réduction. Et le potentiel énergétique oriente dans telle ou telle voie la série des réactions successives. L'inconnu de la photosynthèse n'est pas tellement dans le passage de l'acide glycérique aux trioses et à l'amidon que dans l'origine de cet acide.

Dans les conditions optimales de photosynthèse il est probable que le chemin le plus ordinaire est le passage direct du fructose à l'acide glycolique qu'une réaction de Wood et Werkman transformera en acide glycérique.

Une voie, encore peu suivie en temps normal, mais dont l'importance peut grandir vite lorsque les conditions cessent d'être idéales, est le détour par l'acide malique, le cycle oxalique.

A côté de ces deux voies, de multiples raccourcis se devinent, comme, par exemple, le passage de l'acide succinique à l'acide acétique, et le fait que l'expérimentation ne les a pas montrés en action prouve non pas leur inexistence mais seulement que n'ont pu être réalisées artificiellement leurs conditions d'existence. Le monde des acides organiques se concrétiserait pratiquement en deux grands cycles, le cycle citrique et le cycle oxalique : dans ces deux cycles entrent en jeu la plupart des acides connus.

Ces deux cycles ont beaucoup de points de contact et il n'est pas impossible par exemple que le passage de l'acide pyruvique à l'acide malique se fasse par le cycle citrique. Beaucoup d'autres réactions, dont certaines insoupçonnées, interfèrent encore dans cette vue synthétique que nous devinons fâcheusement incomplète. Il est probable que nos idées sur le rôle et le sort des acides organiques seront d'autant plus complexes et nuancées qu'elles se rapprocheront davantage de la vivante réalité.

Jules Carles,
Maître de recherches au C.N.R.S.

1. A. Assailly, Sur les rapports de l'oxalate de chaux et de l'amidon, *C. R. Acad. Sc.*, **238**, 10 mai 1954 ; J. Carles et A. Assailly, De l'existence d'un cycle oxalique, *C. R. Acad. Sc.*, **238**, 24 mai 1954.

Tout était faux à Piltdown

Au début de l'année dernière, nous pouvions annoncer aux lecteurs de *La Nature* qu'un des problèmes les plus irritants de la paléontologie humaine, celui de l' « Homme de Piltdown », où un crâne humain de type moderne se trouvait associé à une mandibule d'apparence simienne, avait enfin trouvé sa solution [1]. La mandibule était bien une mandibule de Singe, probablement d'Orang-Outang, introduite frauduleusement dans le gisement, avec l'intention délibérée de faire croire à une association qui révolutionnait tous les enseignements de la Paléontologie et de l'Anatomie comparée.

Une certaine manière de concevoir l'évolution humaine se trouvait condamnée, celle qui admettait, dans les transformations de la région céphalique, en passant du Primate à l'Homme, un retard considérable de la mandibule par rapport à la boîte cranienne; une autre se trouvait ébranlée, qui postulait l'existence, à une époque reculée des temps quaternaires, d'un type humain, identique par sa boîte cranienne à l'homme actuel, dont il serait l'ancêtre direct.

Il était normal de se demander, après la démonstration du faux dans le cas de la mandibule, quelle confiance on pouvait accorder aux restes de la boîte cranienne et de la région faciale, scepticisme d'autant plus justifié que les conditions de gisement de l' « Homme de Piltdown » étaient loin d'être claires.

Ces constatations n'avaient point échappé à MM. Weiner, Oakley et Le Gros Clark, qui, après avoir résolu le problème de la mandibule, ont étendu leurs recherches aux fragments craniens, ainsi qu'à la faune et aux silex taillés trouvés en association avec elle. Des techniques nouvelles ont été utilisées et le problème reçoit maintenant sa solution définitive : il ne reste rien des trouvailles de Piltdown. Les morceaux du crâne, les débris de Mammifères, les pièces archéologiques n'offrent, comme la mandibule, aucun caractère d'authenticité. Tels sont les résultats exposés le 30 juin dernier devant la Société Géologique de Londres et qui viennent d'être récemment publiés. Nous allons en donner un bref commentaire.

Les fragments craniens. — Les fragments avaient été découverts à deux époques et en deux points différents. D'un premier gisement furent exhumés, de 1908 à 1912, un morceau de pariétal, des portions du frontal et de l'occipital, ainsi que la mandibule. Ces pièces constituent le spécimen dit : Piltdown I. En 1915, à plus de trois kilomètres du gisement primitif, avait lieu la trouvaille d'un fragment de frontal et d'un fragment d'occipital, pareils aux mêmes os du premier individu et d'une première arrière-molaire, également semblable à la première arrière-molaire en place sur la mandibule. C'est le spécimen Piltdown II.

A partir de ces fragments, diverses reconstitutions furent tentées. D'abord celles de Smith-Woodward (fig. 1), donnant l'image d'un homme à boîte cérébrale essentiellement humaine et par laquelle cet Homme se rattache plus nettement à l'ascendance de l'*Homo sapiens* qu'à celle de l'*Homo neanderthalensis*. La capacité cranienne était de 1 300 cm³ (ou de 1 500 cm³ selon certaines évaluations). On était en présence, selon l'expression de l'anatomiste Keith, d'un crâne semblable à celui d'un homme d'aujourd'hui, à celui « d'un bourgeois de Londres ». Notons toutefois que l'étude du moulage endocranien aurait révélé des caractères primitifs : simplicité des circonvolutions, réduction du lobe frontal, etc. Pour Elliot-Smith, une telle structure aurait été la plus simple et la plus simienne jusqu'ici rencontrée sur un cerveau du groupe humain. D'ailleurs, dans une nouvelle reconstitution, Elliott-Smith et Hunter crurent observer que la région occipitale était plus verticale qu'on ne l'avait supposé, par quoi elle se rapprochait de celle des jeunes singes Anthropomorphes. D'autres reconstitutions, comme celle de Friedrichs, aboutissaient à un type cranien tout à fait moderne.

Un examen minutieux a montré que les différents os du crâne étaient imprégnés de gypse. Une telle altération ne pouvait avoir pris naissance dans le gisement de Piltdown qui ne renferme point cette substance; mais elle se produit quand des os subfossiles ou modernes sont plongés dans une solution de sulfate de fer. On peut donc en conclure à la non-authenticité, en tant que pièces fossiles, des crânes de Piltdown. Le dosage du fluor montre d'ailleurs qu'ils sont nettement d'âge post-pléistocène.

Fig. 1. — *Reconstitution du crâne de l' « Homme de Piltdown » d'après Smith-Woodward.*
Échelle : 1/3 de la grandeur naturelle.
(Figure extraite de M. Boule et H. V. Vallois, *Les Hommes fossiles*, 4e édit., Masson).

Une autre constatation est non moins décisive. Le frontal de « Piltdown II » a la même épaisseur et la même structure que les fragments de « Piltdown I ». Il paraît toutefois ressembler davantage, à un premier examen, au fragment d'occipital trouvé avec lui, ce qui d'ailleurs serait tout à fait normal. Mais une série d'analyses chimiques viennent d'établir qu'une telle analogie est purement superficielle et résulte du fait que ces deux os ont subi simultanément le même traitement, quelque peu différent de celui appliqué à Piltdown I. La particularité de composition de l'os susceptible d'être le moins affectée par l'action du sulfate de fer, est le rapport fluor/phosphate. Or, à ce point de vue, le frontal de Piltdown II correspond exactement aux os de Piltdown I et diffère nettement du fragment d'occipital découvert dans le même gisement que lui. Le frontal de Piltdown II faisait originellement partie du crâne Piltdown I !

La faune de Mammifères. — De nombreux restes de Mammifères (fig. 2) avaient été recueillis dans les graviers de Piltdown, semblant correspondre à deux faunes d'âge différent. D'une part, des dents de Mastodontes, de *Stegodon* (sorte d'Éléphant surtout répandu dans le Pliocène supérieur d'Asie), de Rhinocéros arrachées à des terrains plus anciens et fortement usées par les agents de transport, marquaient la fin des temps pliocènes; d'autre part, une dent d'*Elephas planifrons*, des fragments de bois de Cerf, des dents de Castor et de Cheval définissaient un âge Pléistocène inférieur. Une dent d'Hippo-

1. L'Homme et le Singe de Piltdown, par Jean Piveteau, *La Nature*, n° 3225, janvier 1954, p. 1.

potame pouvait aussi bien être du Pliocène supérieur que du Pléistocène inférieur. L'âge d'une formation est toujours celui des fossiles les plus récents qu'elle renferme : les graviers de Piltdown auraient donc daté du Pléistocène inférieur.

La profonde décalcification de ces graviers aurait dû paraître incompatible avec la présence de restes d'animaux, incapables de se fossiliser dans un tel milieu. La teneur très variable en fluor de ceux-ci ne peut s'expliquer qu'en leur supposant des origines différentes; un certain nombre d'entre eux contiennent du gypse, totalement absent, comme nous l'avons dit, de la formation de Piltdown, ce qui établit encore plus nettement leur caractère frauduleux. Les molaires d'*Elephas planifrons* présentent une exceptionnelle radioactivité que l'on ne retrouve que dans des spécimens provenant du gisement de l'Ich-Keul (nord de la Tunisie) et, par sa teneur en fluor, la molaire d'Hippopotame ne peut être comparée qu'à certaines dents du Pléistocène des îles méditerranéennes. Enfin, la présence de chrome dans maints restes de ces Mammifères suggère qu'un sel de chrome a dû être utilisé afin de faciliter l'oxydation du sel de fer employé pour donner aux pièces fossiles la couleur du gravier.

La conclusion qui s'impose est que les restes de Mammifères prétendument trouvés dans le gisement de Piltdown y ont été apportés après avoir subi un traitement approprié.

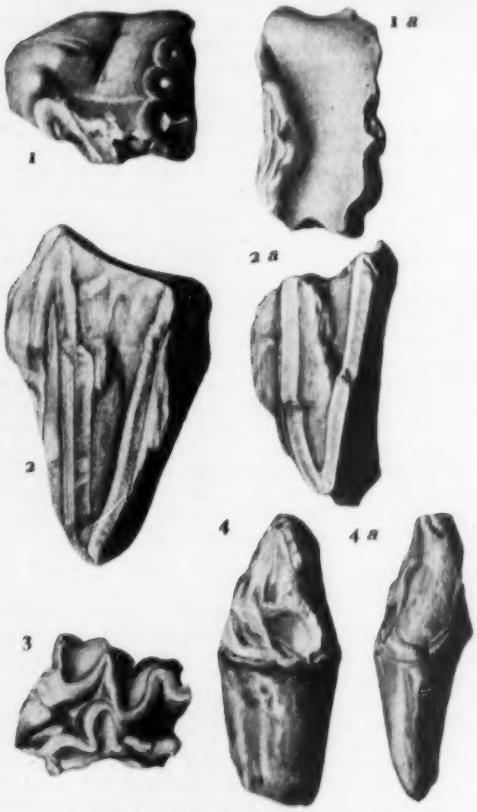


Fig. 2. — *Quelques restes de Mammifères qui auraient été trouvés dans les graviers de Piltdown.*

1, 1 *a*, *Stegodon*, dent vue par la couronne et en section longitudinale ; 2, 2 *a*, *Stegodon*, dent usée vue par la couronne et en section longitudinale ; 3, Hippopotame, molaire inférieure ; 4, 4 *a*, Hippopotame, première prémolaire inférieure.

(D'après Woodward).

L'outillage. — Des silex taillés ont été mis à jour à Piltdown (fig. 3). Ils ne portent des éclats que sur une seule face et furent généralement attribués au Chelléen. En outre, une

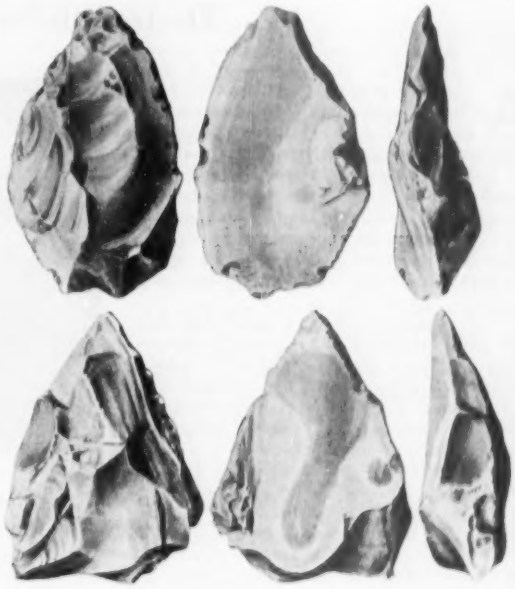


Fig. 3. — *Deux des silex chelléens qui ont été attribués au gisement de Piltdown.*

Chacune des pièces est représentée de profil et par ses deux faces.

(D'après Woodward).

portion d'os d'Éléphant, arrondie à une extrémité, appointée à l'autre, fut considérée par Dawson et Smith-Woodward comme taillée par l'homme, tandis que l'abbé Breuil y voyait simplement un os rongé par un grand castor pléistocène, le *Trogontherium*.

Or il vient d'être établi que tous les silex taillés ont été colorés artificiellement. Quant à l'os d'Éléphant, il porte la marque d'un travail exécuté avec une lame d'acier.

Après la mandibule, les fragments craniens et les restes de Mammifères, l'outillage de Piltdown vient également apporter le témoignage de la fraude.

Conclusion. — L'homme de Piltdown doit donc disparaître de la Paléontologie Humaine. Nous avons déjà indiqué, dans un précédent article, quelques-unes des conséquences, sur le plan scientifique, de la non-authenticité de la mandibule. Maintenant que le crâne vient la rejoindre dans l'oubli, nous voudrions revenir brièvement, en terminant, sur une notion originellement établie d'après les documents de Piltdown, celle de l'individualisation, dès les débuts des temps quaternaires, d'un type humain proche de l'homme moderne. Il y a, certes, des documents plaidant en sa faveur, mais il nous semble que, contrairement à ce que l'on pouvait penser récemment, la vieille conception de l'évolution de l'humanité suivant une montée graduelle à travers les stades pithécanthropien, néanderthalien, homme de type moderne, peut encore être acceptée, ou tout au moins servir d'hypothèse de travail.

Jean Piveteau,
Professeur à la Sorbonne.

L'industrie chimique en France

L'industrie de l'aluminium

2. Électrométallurgie de l'aluminium

Après avoir retracé l'évolution de l'industrie de l'aluminium nous avons examiné dans un précédent article [1] la phase chimique de cette fabrication : la préparation de l'alumine, laquelle s'opère en France à proximité des gisements de bauxite. Laissant le soleil méditerranéen, nous allons gagner, avec l'alumine, les vallées alpines ou pyrénéennes, pour suivre sa transformation en aluminium, c'est-à-dire la phase électrométallurgique.

Cette séparation dans l'espace des deux processus, chimique et électrométallurgique, s'explique par le fait que si l'alumine, matière première de l'aluminium, intervient pour environ 30 pour 100 dans le prix de revient du métal, la consommation d'énergie inhérente à l'électrolyse correspond elle-même à 25 pour 100. Le prix élevé du transport de l'énergie électrique à l'époque où est née cette industrie a donc justifié la localisation de l'électrolyse sur les lieux mêmes de la production de l'énergie électrique. Nous verrons qu'actuellement, la nécessité de disposer d'importantes sources d'énergie à bon marché continue à fixer la phase électrométallurgique près des centres producteurs de cette énergie et à faire voyager l'alumine non seulement à travers les continents, mais à travers les mers.

Fig. 1. — *Paul Héroult (1863-1914).*

Comme nous l'avons rappelé, le seul procédé d'obtention de l'aluminium est celui presque simultanément mis au point en 1886 par Héroult (fig. 1) et par Hall : l'électrolyse de l'alumine dissoute dans la cryolithe. Ce fluorure double d'aluminium et de sodium, $F_3Al.3FNa$, qui fond vers 1 000°, dissout en effet l'alumine à raison de 10 pour 100 environ et lorsque l'on fait, avec des électrodes de carbone, l'électrolyse du bain ainsi obtenu et fusible vers 900-950°, tout se passe comme si l'alumine était électrolysée en donnant à la cathode de l'aluminium et à l'anode de l'oxygène qui attaque le carbone avec formation de gaz carbonique et d'oxyde de carbone.

En fait ce schéma est un peu simpliste et diverses interprétations du phénomène ont été proposées. Sans nous étendre sur ce sujet, indiquons qu'il paraît vraisemblable que le fluorure de sodium soit le sel électrolysé : le sodium libéré à la cathode déplacerait l'aluminium de son fluorure en redonnant du fluorure de sodium tandis que le fluor dégagé à l'anode attaquerait l'alumine en régénérant le fluorure d'aluminium.

Abordons maintenant le côté pratique de cette fabrication en examinant les trois problèmes qu'elle pose : matières premières, énergie et appareillage.

Matières premières. — Nous avons étudié la préparation de l'alumine et indiqué que son transport s'opérait par camions ou par trains entiers. Il convient de noter que la manipulation de ce produit est grandement facilitée par son aptitude à la fluidification : pour qu'il s'écoule comme un liquide, il suffit de disposer à la base des réservoirs qui le contiennent une dalle poreuse légèrement inclinée à travers laquelle on insuffle de l'air.

On consomme 1 900 à 1 950 kg d'alumine par tonne d'aluminium.

Les bains utilisés initialement contenaient de la cryolithe, d'abord importée du Groenland, puis préparée par synthèse en France, et du fluorure de calcium ; actuellement ils sont généralement constitués par une solution de 10 pour 100 d'alumine dans la *chiolite*, fluorure double contenant un peu plus de fluorure d'aluminium (excès d'environ 7 pour 100) que n'en exige la formule $F_3Al.3FNa$: on dit qu'on utilise un *bain acide*. La composition du bain est un facteur essentiel de l'électrolyse [1], la température à laquelle elle s'opère étant pratiquement celle à laquelle le bain se solidifie : on travaille entre 930 et 980°, souvent vers 950°. Une teneur trop élevée en alumine élève la viscosité du bain, la température de travail et par suite les pertes en fluorure, normalement comprises entre 40 et 80 kg de produits fluorés par tonne d'aluminium et qui favorisent les dépôts d'alumine au fond de la cuve.

Énergie électrique. — L'électrolyse de l'aluminium s'opère pratiquement sous une tension de 5 V dont 1,7 environ d'utiles et exige de l'ordre de 18 kWh par kg d'aluminium en courant continu, et 20 kWh en courant alternatif moyenne tension ; ceci correspond à un rendement Faraday de l'ordre de 90 pour 100 et à un rendement en énergie de l'ordre de 30 pour 100, la plus grande partie de l'énergie étant dissipée par effet Joule, ce qui, notons-le, maintient le bain en fusion.

Initialement les usines d'aluminium disposaient de leur centrale qui leur fournissait le courant continu nécessaire : le développement de la production d'aluminium dans les usines existantes d'une part, celui de l'interconnexion, puis la nationalisation d'autre part ont rendu indispensables l'achat de courant à l'extérieur et l'installation de postes de transformation. Les groupes convertisseurs (moteurs-dynamos) ou les commutatrices qui travaillaient avec des rendements de 84 pour 100 ont été de plus en plus remplacés par les redresseurs polyanodiques ou plus récemment par les ignitrons à une seule anode qui travaillent sous des voltages pouvant atteindre 1 000 V et avec des rendements respectifs de 90 et 93 pour 100.

Appareillage. — L'électrolyse s'opère dans des cuves constituées par un caisson en acier (fig. 2) muni d'un garnissage réfractaire (briques de kieselguhr ou plus récemment briques silicoalumineuses) et d'un brasquage de blocs de carbone, formant cathode, qui contiennent le bain dans lequel plongent les anodes également en carbone.

Les anodes précuites discontinues initialement utilisées font de plus en plus place aux anodes continues Söderberg, tandis que les cuves, qui sont montées en série, ont des dimensions et des productions de plus en plus grandes car l'ampérage sous lequel elles fonctionnent, qui plafonnait vers 20 000 A en 1914, atteignait 30 à 50 000 A en 1940 et dépasse actuellement 100 000 A.

Examinons successivement les cuves à anodes précuites et les cuves à anodes Söderberg.

1. L'industrie de l'aluminium ; 1. Extraction de l'alumine de la bauxite, *La Nature*, n° 3236, décembre 1954, p. 449.

1. La densité d'un tel bain est inférieure à celle de l'aluminium, qui reste ainsi au fond de la cuve

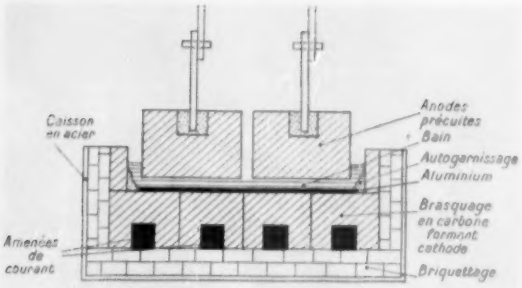


Fig. 2 *(ci-dessus).* — ***Coupe transversale d'une cuve à anodes précuites.***

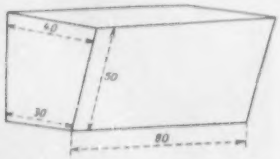


Fig. 3 *(ci-contre).* — ***Schéma d'anode précuite.***

Cuves à anodes précuites. — Soit une cuve de 30 000 A dont le caisson mesure à peu près 5 m × 2,5 m et a une hauteur de 1 m. La cathode est constituée par des blocs de carbone amorphe obtenus par compression et cuisson d'un mélange d'anthracite et de brai, entre lesquels on comprime de la poudre de charbon et dans lesquels le courant est amené par des barres d'acier (la densité de courant cathodique est d'environ 0,8 A/cm²).

Les anodes (fig. 3) sont obtenues par compression sous 600 kg/cm² d'un mélange de poussier de coke de pétrole (75 pour 100) et de déchets d'anodes (25 pour 100) additionné de 15 pour 100 de brai, et cuisson prolongée (44 h) à 1 300-1 400° dans un four genre Hoffmann ou un four tunnel.

On utilise du coke de pétrole, pauvre en constituants minéraux (moins de 0,5 pour 100 de cendres) car ceux-ci passent dans le bain. Il convient notamment d'éviter la présence de vanadium ou de titane, susceptibles de modifier les propriétés du métal même à très faible dose, et le fer et le silicium qui en diminueraient le titre.

Pour une cuve de 30 000 A on dispose de deux rangées de sept anodes car seule la surface inférieure intervient, les faces latérales étant d'ailleurs recouvertes d'aluminium afin de limiter leur usure par combustion.

Les amenées de courant sont ancrées dans les anodes par coulée de fonte et celles-ci sont suspendues de telle sorte que leur distance à la cathode (environ 5 cm) demeure constante, compte tenu de leur usure, en réglant la suspension de chaque électrode; les systèmes de régulation automatique essayés jusqu'ici n'ont pas donné satisfaction.

Pour démarrer une telle cuve on court-circuite les anodes sur le fond préalablement recouvert d'aluminium fondu, puis on verse du bain liquide et on relève progressivement les anodes. L'électrolyse a lieu tandis que le chauffage se poursuit par effet Joule. Au-dessus du bain d'une épaisseur d'environ 30 cm se forme une croûte solide, laissant passer par divers cratères les gaz qui, formés par combustion du carbone des anodes, sont riches en oxyde de carbone et s'enflamment : la consommation d'anode par tonne d'aluminium produit atteint 500 à 550 kg.

Au fur à mesure que l'électrolyse se poursuit la teneur du bain en alumine baisse progressivement et, lorsqu'elle atteint 1,5 à 2 pour 100, le fluor vraisemblablement produit (voir la théorie exposée plus haut) ne trouve plus suffisamment d'alumine à attaquer et se dégage. Les anodes s'entourent alors d'une gaine gazeuse et se polarisent : la tension monte jusqu'à 40, 50, 60 V : on dit que la cuve *s'emballe*. Prévenu par une lampe qui s'allume ou par un signal sonore, l'ouvrier « casse la croûte » qui recouvre le bain, par piquage au marteau-piqueur; l'alumine pénètre dans le bain, se dissout et la tension redevient normale. Il se reforme une croûte et l'on recharge sur cette croûte de l'alumine en utilisant, de plus en plus, des dispositifs mécaniques.

On peut éviter les « emballages » en procédant au piquage avant que le bain ne se soit trop appauvri en alumine. Ce phénomène, qui entraîne une perte d'énergie et accroît la dépense en composés fluorés (par suite de l'élévation de température qui se produit), est toutefois une preuve du bon fonctionnement des cuves, fonctionnement qui, il convient de le noter, est souvent capricieux; aussi tolère-t-on un emballage par jour, en évitant les autres par piquage et rechargement avant qu'ils ne se produisent (six fois par jour environ).

L'aluminium libéré se rassemble en une couche liquide recouvrant la cathode; on le prélève généralement tous les deux jours par aspiration. Une telle cuve ne produit en effet que de l'ordre de 220 kg d'aluminium par jour, ce qui ne correspond, si l'on suppose que l'on extraie le métal en continu au fur à mesure de sa formation, qu'à un débit de 2,5 g/s, soit 1 cm³/s, c'est-à-dire à un goutte à goutte.

Ceci explique la nécessité pour une usine qui veut par exemple, avec de telles cuves fabriquer 360 t d'aluminium par mois (ce qui représente une petite production) d'en monter une cinquantaine...

Les anodes devront être changées environ tous les quinze jours. Quant à la cuve, qui doit fonctionner sans interruption, elle s'use et son brasquage doit être généralement refait après trois à quatre ans de marche.

Étant donné que les produits fluorés qui se dégagent en même temps que les fumées peuvent être une gêne pour les environs, on capote fréquemment les cuves et on aspire les gaz produits : un lavage de ces gaz par une solution de carbonate de sodium retient la plus grande partie des fluorures et permet éventuellement de les récupérer.

Cuves à anodes continues. — Les anodes précuites présentent divers inconvénients, notamment un prix de revient élevé du fait des dépenses d'énergie et de main-d'œuvre inhérentes à leur fabrication. On a donc cherché à leur substituer les

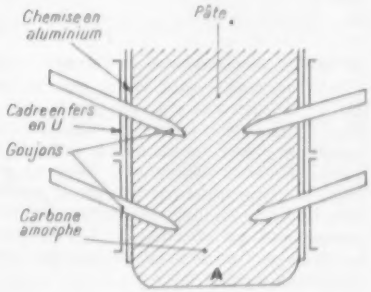


Fig. 4. — ***Coupe transversale d'une anode Söderberg.***

anodes continues préconisées en 1917 par Söderberg et dont le principe consiste (fig. 4) à charger, au-dessus de l'électrode en service A, de la pâte d'électrode de façon que celle-ci se transforme en carbone amorphe grâce aux calories dégagées par le four et que l'électrode soit automatiquement renouvelée au fur et à mesure de son usure. Cette cuisson aux dépens des calories perdues constitue donc une récupération de chaleur.

Prévues pour les fours à arc à carbure de calcium, ces électrodes devaient être adaptées aux cuves électrolytiques. Dès 1924 on procéda à Capypso à des essais, puis en 1927 on installa à Rioupéroux des électrodes à section rectangulaire, chemisées

en aluminium, dont les amenées de courant sont constituées non plus par des plaques de serrage, mais par des goujons en acier pénétrant obliquement dans l'électrode (fig. 4) et qui, prenant appui sur un ensemble de cadres amovibles, assurent simultanément la suspension de l'électrode. Lors de l'usure de l'anode, l'aluminium de la chemise passe dans le bain, tandis que les goujons d'acier sont évidemment retirés de la partie de l'électrode qui va plonger dans le bain pour être plantés dans la partie supérieure qui vient d'être chargée en pâte.

De telles cuves peuvent fonctionner sous 15 000 à 85 000 A. Celles de 20 000 A, dont les dimensions atteignent 6 m × 2 m, comportent une électrode d'une section d'environ 2,5 m² (soit 2,5 m de long sur 1 m de large), la densité de courant étant ici d'environ 0,8 A/cm² et 12 goujons disposés par exemple en deux rangées de six.

La cuisson de l'électrode donne lieu à un fort dégagement

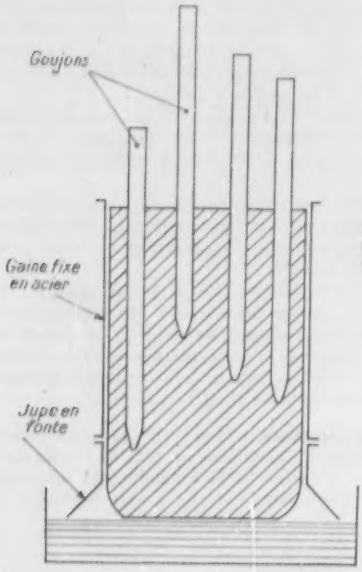


Fig. 5. — *Coupe transversale d'une électrode continue à goujons verticaux.*

de fumées goudronneuses et ces cuves doivent être capotées.

Dans un modèle plus récent (fig. 5), dont certaines séries (fig. 6) fonctionnent sous 100 000 A, on a substitué à la chemise d'aluminium une gaine fixe en acier à l'intérieur de laquelle va glisser l'anode lors de sa fabrication et de son usure. Celle-ci est alors suspendue à l'aide de goujons verticaux en acier, que l'on manœuvre à l'aide de verrins et d'un pont roulant. Une jupe en acier collecte les gaz provenant de la cuisson comme ceux qui résultent de la combustion de l'électrode et les dirige vers un brûleur, disposé sur l'un des petits côtés de l'anode où ils sont brûlés.

Une cuve de 100 000 A, qui mesure environ 7,5 m de long sur 3 m de large, comporte une anode d'une section d'environ 13 m², maintenue par 50 goujons disposés en quatre rangées et déplacés à raison de trois par jour.

La surélévation des cuves au-dessus du sol permet leur refroidissement par-dessous et facilite l'extraction de l'aluminium (environ 750 kg par jour) par simple siphonage.

Bien que d'un coût d'installation plus élevé que celui des cuves à anodes précuites, les cuves à anodes Söderberg sont de plus en plus utilisées, car leur emploi présente de nombreux avantages.

A ce point de vue, il convient d'insister sur l'accroissement

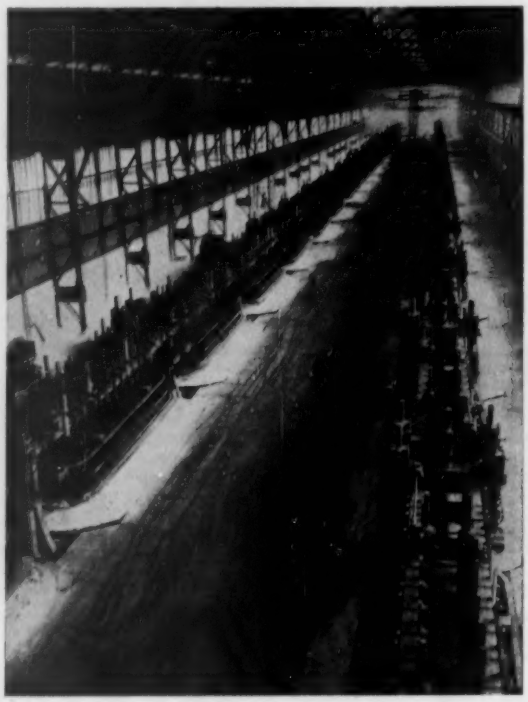


Fig. 6. — *Atelier moderne d'électrolyse comportant des cuves de 100 000 ampères à Saint-Jean-de-Maurienne.*

(Photo Péchiney).

de productivité réalisé dans la fabrication de l'aluminium, non seulement par la mise en œuvre des nouvelles cuves mais aussi par une mécanisation de plus en plus poussée lors du chargement de l'alumine, du piquage des cuves, de l'extraction de l'aluminium, du réglage des électrodes, etc. Alors qu'en 1945, on comptait encore 40 à 50 h de travail par tonne d'aluminium produite, la dépense en main-d'œuvre ne dépasse plus actuellement 20 h dans les anciennes installations et 13 h dans les ateliers équipés avec les cuves les plus récentes. Les productivités plus élevées des usines américaines s'expliquent par le fait qu'elles ont des productions unitaires nettement supérieures à celles des usines françaises : 11 usines participent en effet à notre production d'environ 120 000 t et la production de notre plus grande usine (40 000 t) est inférieure à celle d'une usine moyenne américaine... Il ne faut pas craindre en effet de souligner que la technique française reste à l'avant-garde de l'industrie de l'aluminium, comme le prouve notamment le fait que les nouvelles cuves dont nous avons parlé, mises au point en France, sont maintenant en cours de montage dans certaines installations américaines.

Transformation de l'aluminium et utilisations. — Aux divers ateliers d'électrolyse d'une usine est annexée une fonderie où l'aluminium extrait des cuves et contenu dans des poches est conduit pour subir un affinage. Il est coulé par exemple dans l'un des deux *fours basculants de décantation* (de 10 à 20 t), chauffés au mazout, dans lesquels il est porté à 850°, puis maintenu 8 h à cette température. Le métal atteint une fluidité suffisante pour que les crasses se séparent et on le fait passer dans un *four de coulée* où un séjour d'environ

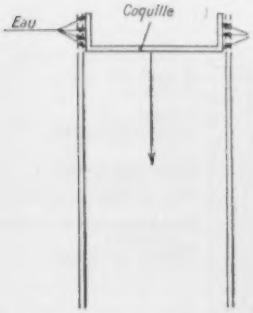


Fig. 7 *(ci-dessus).* — ***Schéma du principe de la coulée continue.***

Fig. 8 *(ci-contre).* — ***Fonderie d'aluminium : chaîne de coulée en lingots de 17 kg.***

(Photo Péchiney*).*

4 h à 750° assure un dégazage suffisant avant qu'on le coule. Dans certaines usines, on procède au dégazage par passage de chlore dans le métal fondu.

Dans certains fours récents, comportant diverses zones de chauffage, le métal se déplace d'une extrémité à l'autre en subissant d'abord une surchauffe; il est ensuite refroidi à 750° où il est soumis à la régularisation avant coulée.

Le métal amené à 750° est coulé en lingots de 17 kg dans des lingotières montées sur une chaîne de coulée (fig. 8), ou en billettes et plaques de section et de longueur variables par le procédé de coulée continue.

Ce procédé consiste à couler le métal dans une coquille de section convenable et de faible profondeur, refroidie par projection d'eau (fig. 7). Dès qu'une certaine épaisseur de métal, correspondant à la profondeur de la coquille, s'est solidifiée, on déplace le fond de haut en bas tout en continuant à verser du métal liquide, la vitesse de déplacement et le débit du métal étant réglés de telle sorte qu'en un temps donné il se solidifie autant de métal qu'on en verse.

On est parvenu à réaliser par ce même procédé une ébauche de section semicirculaire, à partir de laquelle les tréfileurs obtiendront les fils de diamètre voulu, sans opérer de laminage comme cela était nécessaire lorsqu'ils partaient de billettes.

C'est à partir de ces *demi-produits* que sont frabriquées, par laminage, filage ou forgeage, de nombreuses pièces en aluminium constituant des objets finis. Aux lents laminoirs à froid pour cuivre et laiton et aux petites presses à filer initialement utilisés se sont fréquemment substituées des machines employées en sidérurgie qui, après quelques modifications, se sont révélées beaucoup plus favorables au travail de l'aluminium.

L'aluminium est d'autre part moulé en sable, en coquille ou sous pression; dès qu'il s'agit d'un objet ayant des débouchés suffisants, ce dernier procédé a l'avantage de permettre simultanément un grand débit horaire et une précision de coulée qui dispense d'un usinage ultérieur.

Il convient de noter que la fonderie de l'aluminium s'opère généralement à partir de déchets d'aluminium (aluminium d'affinage ou de deuxième fusion) qui représentent actuellement chaque année environ 25 à 30 pour 100 de la production de l'aluminium car, contrairement au fer, l'aluminium ne disparaît pas; en effet, grâce à la pellicule superficielle d'alumine qui se forme spontanément et que l'on développe fréquemment par les divers procédés d'oxydation anodique, l'aluminium ne se corrode pas.

L'aluminium ainsi obtenu, qui titre environ 99,6 pour 100, présente à côté de son inaltérabilité une très bonne conductibilité calorifique ou électrique et une grande légèreté. En l'alliant à certains métaux, on accroît d'autre part considérablement ses caractéristiques mécaniques, puisque sa résistance peut ainsi passer de 10 à 50 ou 60 kg/mm².

Ce sont ces diverses propriétés spécifiques, signalées déjà par Sainte-Claire Deville, qui expliquent les développements de son utilisation, notamment dans l'industrie des transports (légèreté), dans l'équipement domestique, l'industrie chimique, l'emballage, l'architecture pour les toitures et châssis de fenêtre (inaltérabilité), dans l'industrie électrique (conductibilité). Voici quelle a été en 1953 la répartition des principales utilisations de l'aluminium en France :

	pour 100		pour 100
Transports	35	Bâtiment	3
Équipement domestique, ménager et mobilier	9	Conserverie et emballage	10
Industrie électrique	16	Industrie alimentaire	2
		Autres emplois	25

Certaines applications de l'aluminium (papier pour condensateurs, réflecteurs, papier d'emballage spécial, bibelots d'art) exigent un métal plus pur que celui qu'on obtient couramment. La méthode de raffinage électrolytique classique utilisée par exemple pour le cuivre ou le zinc ne convient pas ici étant donné que l'aluminium naissant est attaqué par l'eau : on a pensé depuis longtemps déjà à procéder à un raffinage électrolytique par voie ignée, mais de nombreuses difficultés se présentèrent et la méthode Gadeau-Péchiney, actuellement appliquée, est relativement récente.

Elle consiste à procéder à l'électrolyse d'un mélange de fluorure d'aluminium (23 pour 100), de fluorure de sodium (17 pour 100) et de chlorure de baryum (60 pour 100) fondant vers 750° et dont la densité (3) est intermédiaire entre celle

de l'aluminium fondu (2,45) plus léger qui servira de cathode, et celle de l'aluminium à purifier qui, alourdi (3,5) par alliage avec du cuivre, sert d'anode.

L'électrolyse du chlorure de baryum fournit du baryum qui, agissant sur le fluorure d'aluminium, déplace l'aluminium, lequel apparaît pur à la cathode, tandis que le chlore dégagé à l'anode attaque l'aluminium de l'alliage, qui se dissout ainsi dans le bain.

Tout se passe donc comme si l'aluminium allait de l'anode à la cathode, après purification. Il s'agit donc encore d'un affinage par le procédé de l'anode soluble, mais dans le cas présent, anode, bain et cathode constituent trois couches liquides disposées par ordre de densité; d'où le nom de *procédé des trois couches*.

L'une des difficultés rencontrées a résidé dans le choix pour le four d'un matériau résistant à la température et à l'action chimique du bain.

Les fours utilisés, ayant la forme d'un cube (fig. 9) d'environ 1,75 m de côté et une profondeur de 1 m, ont un revêtement en briques de magnésie avec un fond en carbone.

Ils travaillent sous 7 V et 15 000 A (densité de l'ordre de 0,4 A/cm²) et fournissent environ 100 à 110 kg d'aluminium par jour, ce qui correspond à une dépense d'environ 25 kWh par kilogramme d'aluminium raffiné.

L'aluminium ainsi obtenu, qui titre au minimum 99,992 pour 100 est pratiquement inaltérable et sa température de recuit étant voisine de la température ordinaire, il ne s'écrouit pas.

Sur 4 000 t environ produites annuellement dans le monde, la France en prépare près de 1 000 t.

Conclusions. — Nous avons insisté précédemment sur le développement de la production mondiale de l'aluminium, qui double environ tous les sept ans, ce métal trouvant, grâce à ses qualités spécifiques, de très nombreux emplois et allant jusqu'à concurrencer l'acier pour certaines utilisations (transports et architecture).

Ce développement, qui, d'une façon générale, soulève certaines questions au sujet des matières premières et de l'énergie nécessaire, risque peu en France d'être freiné par un manque de bauxite car, aux possibilités de la métropole dont nous avons parlé précédemment, s'ajoutent celles de la France d'outre-mer où la prospection encore très incomplète a déjà révélé des gisements très importants en Guinée. Il pose par contre un problème délicat en ce qui concerne l'énergie. Nous avons en effet mis l'accent sur la nécessité qui s'impose à l'industrie de l'aluminium de disposer d'énergie électrique à bon marché. Or, en France, les possibilités d'équipement hydroélectrique, qui s'épuisent, conduisent généralement à des investissements de plus en plus élevés.

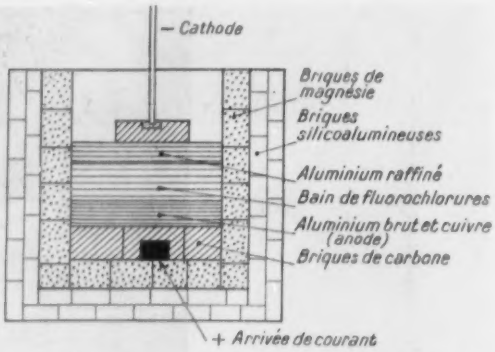


Fig. 9. — *Coupe d'un four de raffinage de l'aluminium.*

Nous ne possédons pas, d'autre part, comme d'autres pays, certains combustibles bon marché qui pourraient suppléer l'hydraulique pour produire de l'énergie électrique à des prix suffisamment bas.

Pour remédier à cet état de choses et éviter que notre pays qui fut le premier producteur d'aluminium devienne importateur, il est nécessaire de nous tourner vers nos territoires d'outre-mer. La Guinée, riche en bauxite et en eau, ne dispose pas de fleuves d'un débit suffisamment régulier pour qu'on puisse les utiliser sans construire d'importants barrages régulateurs. Par contre, le Cameroun, qui bénéficie de précipitations abondantes et régulières, apparaît comme un futur centre producteur d'énergie à bon marché et la chute d'Edéa, à quelques kilomètres de Douala, en cours d'aménagement, correspond à une puissance de 20 000 kW, qui pourrait être portée à 100 000 kW et fournir de l'énergie suffisamment régularisée sans barrage de retenue. Ces perspectives ont retenu l'attention des producteurs d'aluminium, qui en attendant la production de l'alumine en Guinée, envisagent de transformer au Cameroun l'alumine française.

C'est à ces déplacements transocéaniques que nous faisions allusion lorsque nous indiquions que la séparation des deux phases de l'industrie de l'aluminium ne semblait pas devoir disparaître. Ils ne constituent d'ailleurs pas un fait nouveau puisque l'alumine française navigue déjà jusqu'en Norvège et que le Canada, grand centre producteur d'énergie électrique, transforme en aluminium l'alumine préparée en Jamaïque.

Henri Guérin,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

La nouvelle piste de l'aérodrome de Maison-Blanche, à Alger

La revue *Algérie industrielle et commerciale* a donné des précisions sur la nouvelle piste de l'aérodrome de Maison-Blanche, à Alger. Cette piste, revêtue de béton précontraint, comportera une dalle de 2 430 m de long, 60 m de large et de 18 cm d'épaisseur, capable de supporter des avions de 135 t. Orientée sud-ouest-nord-est dans l'axe des vents dominants de la région, elle sera doublée par une voie de circulation parallèle de 25 m de large et dont l'axe doit être, réglementairement, éloigné de celui de la piste d'une distance de 300 m. Quatre bretelles d'accès, distantes les unes des autres de 400 m, faciliteront la circulation entre les deux voies parallèles ; elles auront également 25 m de largeur.

La réalisation de l'aérodrome de Maison-Blanche demande des travaux considérables car il est situé sur un ancien marais, dans la partie basse de la Mitidja ; le terrain y est fortement argileux et on rencontre la nappe phréatique à une très faible profondeur. Les précipitations y sont assez violentes et abondantes en hiver, et la pente de la piste doit être insignifiante. Aussi tout un système de drainage des eaux a dû être mis en place.

Par ces travaux, la capitale de l'Afrique du Nord ne tardera pas à être dotée des pistes et de l'aérogare que sa situation privilégiée, au carrefour des routes Europe-Afrique, Amérique du Nord-Indes, Russie-Amérique du Sud, placera, dans un proche avenir, au premier rang des grands centres mondiaux de trafic aérien.

Déjà près de 400 appareils sillonnent mensuellement les installations existantes, mais nombre de gros porteurs actuels ne peuvent s'y poser faute de piste suffisante.

Les constructeurs du futur aéroport ont paré au plus pressé. Plus tard, la nouvelle piste sera doublée par une autre tout aussi importante dont l'implantation nécessitera des travaux encore plus considérables.

Georges Fournier (1881-1954)

Nos lecteurs apprendront avec regret la disparition de M. Georges Fournier, décédé subitement le 1er décembre, dans sa soixante-quatorzième année, à son domicile de Chelles (Seine-et-Marne). Depuis des années, on a pu lire dans cette revue, sous sa signature, des articles d'Astronomie, principalement consacrés aux planètes ; il y tenait aussi, depuis 1947, avec autorité et ponctualité, la rubrique « Le ciel » et peu de jours avant sa mort, que rien ne laissait prévoir, il nous adressait sa dernière chronique, que nous publions plus loin. Mme G. Camille Flammarion a bien voulu évoquer pour nous la carrière scientifique de cet astronome qui fut aussi un écrivain clair et un homme exquis. Nous prions Mme Georges Fournier d'agréer les condoléances très respectueuses de La Nature *et de ses collaborateurs.*

★

Né le 21 novembre 1881 à Rouvray (Côte-d'Or), Georges Fournier fut admis à l'École normale d'instituteurs de la Seine en 1897. Il a accompli toute sa carrière enseignante à Paris, d'abord comme instituteur, ensuite comme professeur de sciences et de mathématiques. Sa passion pour l'Astronomie s'était manifestée dès l'adolescence. Admis à la Société astronomique de France en 1898, ses qualités d'observateur patient et scrupuleux attirèrent l'attention du président de la Commission de l'Observatoire de cette société, qui lui confia l'administration de l'observatoire en 1909. Il la conserva jusqu'en 1930 et la reprit par intérim pendant la dernière guerre.

En 1907, l'un des rares mécènes de l'Astronomie en France, M. Jarry Desloges, choisit Georges Fournier comme assistant pour l'observation des surfaces planétaires, œuvre de haute importance couronnée par l'Académie des Sciences. Sur le plateau du Mont-Revard, puis au Massegros, puis à Toury, puis en Algérie à Sétif, M. Jarry Desloges équipa des observatoires avec d'excellents instruments, et c'est là que Georges Fournier montra sa valeur d'astronome. Ses observations sont réunies dans les dix tomes des *Observations des surfaces planétaires*. Il observa aussi à l'Observatoire de Juvisy, fondé par Camille Flammarion. Membre du Comité national français d'Astronomie et de l'Union astronomique internationale, celle-ci l'avait désigné pour une importante révision de la nomenclature martienne, qu'il achevait lorsque la mort le surprit.

La Société astronomique de France lui avait décerné en 1919 le prix des Dames, en 1922 sa médaille commémorative, en 1946 le Prix Camille Flammarion et avait obtenu pour lui la Croix de la Légion d'honneur, que son œuvre méritait depuis longtemps, lui témoignant ainsi sa haute estime, sa gratitude, son affection.

Esprit scientifique élevé, valeur morale exceptionnelle, aussi bon que modeste, Georges Fournier ne comptait que des amis.

G. Camille Flammarion,
Secrétaire générale
de la Société astronomique de France,
Directrice de l'Observatoire de Juvisy.

LE CIEL EN FÉVRIER 1955

SOLEIL : du 1er au 28, sa déclinaison croît de $-17°14'$ à $-8°9'$; la durée du jour passe de 9^h22^m le 1er à 10^h52^m le 28 ; diamètre apparent le 1er = 32'30",9, le 28 = 32'20",4. — **LUNE :** Phases : P. Q. le 7 à 1^h43^m, D. Q. le 14 à 19^h40^m, N. L. le 22 à 15^h54^m ; *périgée* le 2 à 19^h, diamètre app. 32'25" ; *apogée* le 15 à 0^h, diamètre app. 29'33" ; *périgée* le 27 à 13^h, diamètre app. 32'21". Principales conjonctions : avec **Jupiter** le 5 à 7^h, à 2°3' N., et avec **Uranus** à 11^h, à 2°23' N. ; avec **Neptune** le 12 à 18^h, à 6°47' N. ; avec **Saturne** le 14 à 14^h, à 5°58' N. ; avec **Vénus** le 18 à 21^h, à 1°18' N. ; avec **Mars** le 26 à 20^h, à 4°24' S. Principales occultations : de ζ *Bélier* (5^m,0) le 1er, immersion à 0^h23^m,7 ; de 103 *Taureau* (5^m,5) le 2, immersion à 19^h7^m,4 ; de 3 *Gémeaux* (5^m,8) le 4, immersion à 18^h15^m,9 ; de μ *Gémeaux* (3^m,2), immersion à 1^h13^m,0, émersion à 1^h50^m,2 ; de 56 *Gémeaux* (5^m,2) le 4, immersion à 23^h50^m,3 ; de 13 B *Vierge* (5^m,8) le 10, émersion à 6^h9^m,0 ; de 32 *Taureau* (5^m,8) le 28, immersion, à 22^h14^m,1. — **PLANÈTES : Mercure,** astre du soir au début du mois, se couche 1^h13^m après le Soleil le 6, en conjonction inf. avec le Soleil le 19 ; **Vénus,** astre du matin, se lève à 2^h57^m avant le Soleil le 6 ; **Mars,** dans les *Poissons*, visible le soir ; se couche à 22^h19^m le 6, diamètre app. 5",5 ; **Jupiter,** dans les *Gémeaux*, visible une grande partie de la nuit, se couche le 6 à 6^h19^m ; diamètre polaire app. 42",4 ; **Saturne,** dans la *Balance*, visible dans la seconde partie de la nuit, se lève le 18 à 0^h30^m, diamètre polaire app. 15",4 ; anneau : gr. axe 38",6, petit axe + 14",6 ; **Uranus,** dans les *Gémeaux*, observable une grande partie de la nuit, position le 2 mars : 7^h44^m et + 21°51', diamètre app. 3",8 ; **Neptune,** dans la *Vierge*, observable dans la deuxième partie de la nuit, position le 2 mars : 13^h46^m et $-9°7'$. — **ÉTOILES VARIABLES :** Minima observables d'*Algol* (2^m,3-3^m,5) : le 2 à 20^h,8, le 5 à 17^h,6, le 22 à 22^h,5, le 25 à 19^h,3 ; maxima : de R *Bouvier* (5^m,9-13^m,1) le 3, de R *Corbeau* (5^m,9-14^m,0) même jour, de *Mira Ceti* (2^m,0-10^m,1) le 7, de T *Grande Ourse* (5^m,5-13^m,5) le 10, de R *Lion* (4^m,4-11^m,6) le 13, de R *Cygne* (5^m,6-14^m,4) le 21. — **ÉTOILE POLAIRE :** Passage inf. au méridien de Paris : le 10 à $4^h24^m44^s$, le 20 à $3^h45^m43^s$, le 2 mars à $3^h5^m44^s$.

Phénomènes remarquables. — L'**occultation de l'étoile μ Gémeaux,** mag. 3,2, le 4, à observer à la jumelle. — La **conjonction de Vénus avec l'étoile π Sagittaire** (mag. 3,0) le 20 à 7^h, l'étoile à 0°29' S. — La **lumière cendrée de la Lune** les 25 et 26. — La **lumière zodiacale** le soir au couchant, après le crépuscule, en l'absence de la Lune.

(Heures données en **Temps universel** ; tenir compte des modifications introduites par l'heure légale).

G. Fournier.

LE CIEL SANS TÉLESCOPE

PAR **P. RAVIGNEAUX**

VIII-32 pages 16×25, avec 3 fig. et 3 planches. Broché.... 290 F

Des cartes mobiles permettent de connaître la situation des étoiles, leurs figures et les moyens simples de les retrouver.

En vente dans toutes les bonnes librairies et chez

92, rue Bonaparte DUNOD Éditeur, Paris-6e.

Résolution pratique des équations différentielles, par J. Lagras. 1 vol. 14×22, 114 p., 6 fig., 14 tableaux. Doncel, Paris, 1954. Prix : 880 F.

Ce n'est pas tout de ramener un problème à des équations différentielles. Celles-ci, dans la majorité des cas, sont insolubles rigoureusement par quadratures. C'est à des résolutions numériques qu'on est conduit et c'est le but de cet ouvrage d'exposer les méthodes variées d'approximation numérique souvent délicates à manipuler et qui requièrent une adaptation aux conditions du calcul numérique et mécanique. L'ouvrage qui s'adresse aux ingénieurs ou aux étudiants en mathématiques appliquées comporte un bref chapitre consacré au calcul matriciel illustré par des tableaux d'exemples numériques : calcul de déterminants et opérations fondamentales sur les matrices particulièrement bien faits. Un chapitre théorique sur les éléments de calcul opérationnel est suivi d'une étude numérique du développement en série de Fourier. Ces éléments de base permettent d'aborder les équations différentielles proprement dites, linéaires ou quasi-linéaires, dont la résolution est à chaque pas illustrée d'excellents tableaux numériques qui facilitent énormément la tâche de l'utilisateur. Les méthodes d'intégration de Simpson, etc., sont enfin traitées ainsi que les applications des isoclines aux équations quelconques. Ouvrage très clair, bien présenté, et qui rendra de grands services.

Chimiosynthèse et photosynthèse, par Roger Buvat. 1 vol. 12×19, 208 p., 14 fig. Presses Universitaires de France, Paris, 1954. Prix : 720 F.

Depuis quelques années, l'étude des mécanismes de la nutrition végétale a fait de grands progrès, dont on ne trouve guère le reflet dans les manuels scolaires. La savante étude de M. Alexis Moyse, parue dans l'*Année biologique*, était réservée aux spécialistes. Roger Buvat, maître de conférences à l'École normale supérieure, s'adresse aux étudiants, mais son livre très clair est accessible à un large public. Il s'en faut de beaucoup que le mécanisme de la photosynthèse soit démonté dans tous ses rouages, mais quelques schémas vraisemblables peuvent en être proposés, et en tout cas quelques faits essentiels sont acquis. La première réaction est la dissociation de l'eau ; l'hydrogène est capté, atome par atome, par une substance qui le transporte sur le gaz carbonique pour former le premier chaînon d'un glucide. Ce premier chaînon n'existe pas à l'état libre ; ce sont des molécules complexes qui se saisissent, pour ainsi dire, des matériaux de base et se les incorporent pour édifier des molécules utilisables, qui sont ensuite libérées. A quel stade se place l'intervention de la lumière, quel est le rôle exact de la chlorophylle, la nature et le rôle des enzymes, ces questions n'ont reçu que des réponses partielles. On saisit ici la science en train de se faire.

Anatomie végétale, par Édouard Boureau. Tome I : *L'appareil végétatif des Phanérogames*. 1 vol. 14×19, 330 p., 176 fig. Presses Universitaires de France, Paris, 1954. Prix : 2 000 F.

Premier tome d'un ouvrage qui en comprendra trois et qui comble enfin une importante lacune, puisque nous n'avions aucun ouvrage moderne pouvant remplacer le traité de botanique déjà trop ancien de Van Tieghem. Comme le souligne M. Roger Heim dans sa préface, la partie la plus originale du livre de M. Boureau concerne le développement de l'appareil conducteur. Les dispositions très différentes des vaisseaux dans la tige et la racine ont donné lieu à des théories classiques selon lesquelles il y aurait torsion ou rotation au niveau du collet. G. Chauveaud, il y a déjà longtemps, a montré qu'il n'en est rien et que les changements de disposition des vaisseaux peuvent se produire à tous les niveaux. Ces modifications sont variables selon les espèces. Le sous-directeur du laboratoire d'anatomie comparée des végétaux au Muséum reprend toute la question. Il montre que les changements s'opèrent par une véritable lyse de certaines cellules qui laissent la place à d'autres ; il s'agit d'une véritable évolution, continue au cours du développement. Une autre révision des idées classiques concerne la distinction courante entre racine, tige, feuille. La plante n'est pas formée de la réunion de ces trois organes qui auraient une existence quasi autonome, mais d'un certain nombre d'unités morphologiques qui se surajoutent et peuvent contenir feuille, portion de tige et même racine. La théorie des hélices foliaires multiples du professeur Plantefol s'accorde assez bien avec ces vues. Ce livre hardiment novateur n'a qu'un défaut, c'est l'absence d'un lexique des termes techniques, sur lesquels le non-spécialiste est souvent arrêté.

Abnormal and pathological plant growth (Symposium). 1 vol. in-8°, 300 p. Brookhaven national laboratory, Upton, N.-Y., 1954. Prix : 2,10 dollars.

De nombreux facteurs peuvent provoquer un développement anormal chez les plantes depuis des agents physiques comme la chaleur et certains rayonnements jusqu'à une immense série d'excitants chimiques ou biologiques. Ces anomalies concernent des disciplines aussi diverses que la génétique, la physiologie et la morphologie. Ce symposium a permis de confronter les divers aspects d'un même problème.

Géographie des plantes, par Henri Gaussen. 2e édit. 1 vol. 11×17, 224 p., 9 cartes et fig. Armand Colin, Paris, 1954. Prix : 250 F.

La Géographie botanique ne se borne pas à établir la répartition des espèces à la surface du globe. Elle cherche à être explicative et y réussit dans une grande mesure, tenant compte de la biologie et des facultés d'expansion de chaque plante, des réalités géographiques passées et présentes, des interactions des espèces, enfin de l'action de l'homme. Tous ces facteurs sont clairement analysés dans ce petit livre du professeur de l'Université de Toulouse dont voici la 2e édition entièrement refondue. L'auteur s'y livre à une critique impitoyable d'une certaine sociologie végétale à laquelle le géographe doit préférer des notions plus concrètes et dynamiques.

La vie des libellules, par Jean Rostand. Nouvelle édition. 1 vol. 13×19, 171 p., 24 photos hors-texte. Stock, Paris, 1954. Prix : 480 F.

Dans la nouvelle série illustrée des « Livres de nature », on aura plaisir à relire ce livre charmant et savant qui depuis sa première édition qui date de près de vingt ans a pris place parmi les classiques de l'Histoire naturelle. Comme beaucoup d'ouvrages de Jean Rostand il a apporté, en même temps qu'une solide érudition dépassant souvent le cadre du sujet choisi, les enseignements de nombreuses observations et expériences personnelles.

L'Homme à la recherche de ses ancêtres, par André Senet. 1 vol. 14×20, 343 p., 132 fig. Plon, Paris, 1954. Prix : 990 F.

Le plan de cet ouvrage est assez arbitraire : on suit tantôt l'ordre logique des idées, tantôt l'ordre chronologique des découvertes. On pourra juger aussi que l'exposé des idées de Lamarck, Darwin et d'autres grands théoriciens plus récents est un peu sommaire, tandis que la place faite aux démêlés de Boucher de Perthes avec ses contemporains est un peu grande. C'est donc plutôt une agréable causerie où l'anecdote tient une large place ; l'essentiel est qu'elle est claire et d'une information assez sérieuse. On a un tableau très vivant des découvertes qui, au cours des trente dernières années surtout, nous ont révélé l'existence dans le passé de nombreuses formes de grands primates intermédiaires entre les anthropoïdes et l'homme. Le chapitre intitulé « Des singes africains aux nations modernes » est extrêmement évocateur, presque un peu trop, car il laisse l'impression que les origines de l'homme sont presque entièrement connues. A propos des origines de la vie, il eût été juste de rappeler que la première forme moderne d'hypothèse est due à Lamarck, en des termes qui évoquent curieusement les théories récentes de Dauvillier et Desgain, dont M. Senet fait grand cas. En tout cas son livre se lit avec plaisir et répond bien à son objet de large vulgarisation.

Antibiotiques, médicaments miracles, par Fernand Lot. 1 vol. 16×21, 227 p., 47 photos hors-texte. Mame, Paris, 1954. Prix, broché : 570 F ; relié, 690 F.

Notre collaborateur n'a pas seulement cherché à satisfaire la curiosité du grand public pour une arme thérapeutique nouvelle ; il l'a placée d'emblée dans le cadre plus large de la biologie médicale et même de la biologie générale. Il brosse d'abord un historique rapide mais vivant de la découverte des microbes et des virus, de leurs effets sur l'organisme, des moyens de défense naturels, des sérums et vaccins. Puis, avec la pénicilline, interviennent les antibiotiques, cas particulier des antagonismes naturels entre espèces vivantes. La pénicilline fut trouvée pour ainsi dire par hasard ; la streptomycine, au contraire, sortit d'un inventaire méthodique de la microflore du sol. Les champignons ne sont pas seuls à élaborer des microbicides, on en a trouvé dans les plantes supérieures, et nous-mêmes... Mais les microbes, eux aussi, réagissent. Il n'y a pas de panacée. Et l'histoire continue...

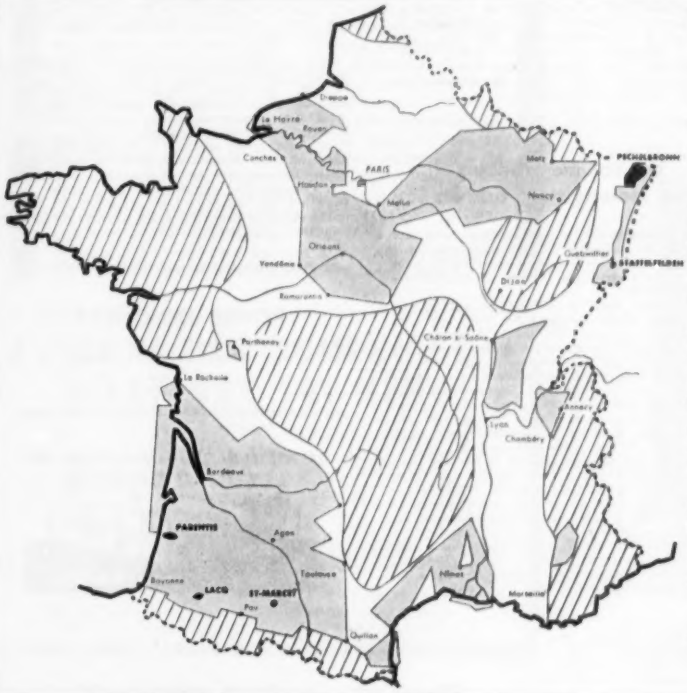
La voix, par le Dr E. Garde. 1 vol. 11,5×17,5, 128 p., 15 fig. Coll. Que sais-je ? P.U.F., Paris, 1954. Prix : 144 F.

Une partie du texte s'adresse à ceux qui ont à perfectionner leur technique vocale : chanteurs, acteurs, orateurs, etc. ; mais le but essentiel est de faire connaître les données acquises sur la physiologie de la phonation dans ses rapports avec la neurologie et l'endocrinologie : la voix serait le baromètre de l'état général ; les médecins et les profanes devraient en écouter plus souvent les avertissements.

Les découvertes sous-marines modernes, par le Dr Gilbert Doukan. 1 vol. 14×23, 329 p., 47 dessins, 23 photos hors-texte. Payot, Paris, 1954. Prix : 1 500 F.

Dans une première partie, l'auteur décrit

Horizons
Le Magazine mondial
33, RUE VIVIENNE - PARIS 2e
Horizons
Le numéro illustré de 128 pages comporte chaque mois :
•
L'actualité politique internationale
•
Les sciences, les arts, les lettres
•
Une chronique médicale
•
Sports, jeux et divertissements
Horizons
La REVUE qui fait le tour du monde paraît en 13 langues dans 25 pays.
En vente partout 100 Frs
Horizons



Les recherches de Pétrole en France

Les recherches de pétrole entreprises en 1937 et interrompues par la guerre ont été depuis la Libération menées en France et dans divers territoires de l'Union française avec des moyens importants, sous le contrôle de l'Administration.

On ne peut trouver de pétrole dans les terrains marqués sur la carte de larges hachures; c'est uniquement dans les autres terrains, dits *terrains sédimentaires*, que le pétrole peut être recherché. Les zones dans lesquelles les Sociétés Pétrolières ont obtenu ou sollicité des permis de recherches sont indiquées par un grisé.

D'ores et déjà, des résultats notables ont été atteints avec la découverte des gisements de Saint-Marcet (Haute-Garonne), de Lacq (Basses-Pyrénées), de Staffelfelden (Alsace), de Parentis (Landes).

La production qui ne dépassait pas 75 000 tonnes en 1938, atteindra cette année 250 millions de mètres cubes de gaz naturel, et 600 000 tonnes de pétrole brut. Cette production ne représente encore que 3 pour 100 environ de la consommation, mais cette proportion doit très sensiblement augmenter dans les années à venir.

Une documentation complète — brochures, photographies, boîtes d'échantillons, cartes, films — réalisée particulièrement à l'intention des membres du corps enseignant et des étudiants, peut être fournie par le Service des Relations Publiques de l'Union des Chambres Syndicales de l'Industrie du Pétrole, 16, avenue Kléber, Paris (16e).

rapidement les moyens « indirects » d'exploration sous-marine : sondeurs, dragues, filets. Dans la deuxième partie, mettant à profit une grande expérience personnelle, il traite des méthodes « directes », entendant par là celles qui permettent à l'homme d'aller y voir lui-même. Les nombreux appareils ont répondu à des besoins variés. Les premiers scaphandres furent destinés à des ouvriers, ayant à reconnaître et manipuler des objets déterminés. Louis Boutan, au début du siècle, chercha surtout à prendre des photos. La marine britannique a beaucoup fait dans le but de sauver les équipages de sous-marins en difficulté. Plus récemment, Le Prieur, puis Cousteau, ont eu d'abord des motifs sportifs ; leurs appareils ont été adoptés par les spéléologues et les amateurs de chasse sous-marine ; océanographes et biologistes en ont aussi aperçu toute l'utilité, et on trouve ici un historique vivant de ces progrès et des observations qu'ils ont permises. Peut-être l'auteur s'exagère-t-il le prix des observations d'amateurs, en général insuffisamment instruits. Mais on peut les instruire et l'observation est plus à encourager que la chasse sous-marine qui risque bientôt de supprimer les sujets d'observation. L'auteur fait naturellement une large place au bathyscaphe et aux appareils qui permettent d'accéder aux très grandes profondeurs.

La méthode expérimentale, par Georges Bézézé. 1 vol. 12×19, 120 p. Presses Universitaires de France, Paris, 1954. Prix : 240 F.

L'auteur donne comme exemple de loi en biologie : « L'homme est mortel » ; et en arithmétique : « Huit et sept font quinze ». Cela ne doit pas décourager de lire ce petit livre qui représente, de la part d'un philosophe, un effort pour comprendre comment s'édifie la science. Cependant son analyse est à la fois trop systématique, trop subtile et trop sommaire pour convaincre les scientifiques qu'ils ont quelque profit à écouter le philosophe discutant de leurs activités.

L'emploi simplifié des filtres, par P. Selme. 1 vol. 13×18, 60 p. Photo-Revue, Paris, 1954. Prix, broché : 240 F.

Principales règles qui doivent présider au choix du filtre à employer dans chaque cas, puis description détaillée de tous les filtres usuels ; sujets photographiques ; emploi des filtres pour la photographie en couleurs.

Théorie et pratique des appareils Reflex, par R. Andréani. 1 vol. 13×18, 112 p. Photo-Revue, Paris, 1954. Prix, broché : 480 F.

Toutes les indications sur les différents types d'appareils Reflex, leurs avantages et leurs inconvénients. Catalogue des marques et leurs caractéristiques.

Ce qu'on peut voir avec un petit microscope, par H. Coupin. 1 vol. 13×18, 120 p. Photo-Revue, Paris, 1954. Prix, broché : 195 F.

Cet inventaire abrégé du monde qui nous entoure, à l'échelle microscopique, accompagné de conseils pratiques et de planches de croquis intéressera les jeunes naturalistes et pourra rendre service aux maîtres des enseignements primaire et secondaire.

Routes et Aérodromes 1954. Numéro spécial de *Technique moderne Construction*. 1 vol. 24×32, 80 p. ill. Dunod, Paris, 1954. Prix : 680 F.

Les techniques routières et de pistes d'envol évoluent rapidement. Elles doivent faire face à des charges appliquées de plus en plus élevées et à des trafics de plus en plus intenses. Le but du présent ouvrage est de faire le point des progrès réalisés dans la qualité des liants et dans leur emploi, également dans les matériels utilisés et dans les méthodes d'exécution. Il décrit une série d'aérodromes modernes.

Les réseaux d'égouts, par P. Koch. 1 vol. in-8°, 350 p. Dunod, Paris, 1954. Prix : 3 250 F.

Inspecteur général des Ponts et Chaussées, directeur technique des eaux et de l'assainissement de la ville de Paris, professeur d'hydrologie à l'École nationale des Ponts et Chaussées, membre du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France, docteur en Droit, l'auteur avait déjà publié de 1935 à 1937 le premier *Traité sur l'assainissement des agglomérations* paru en langue française et en 1947 il donna la traduction (en 2e édition française) du *Manuel de l'assainissement urbain* d'Imhoff. Ces deux ouvrages étant épuisés, l'auteur a regroupé dans le présent volume les données relatives au calcul des réseaux d'égouts et à la rédaction des programmes ou projets les concernant. Il a reporté ce qui intéresse l'épuration ou le traitement des eaux usées sur la nouvelle traduction du *Manuel* d'Imhoff (15e édition allemande) en l'agrémentant de commentaires personnels. Dans l'introduction du présent traité l'auteur expose les aspects juridiques et réglementaires. Le premier chapitre est consacré au problème du ruissellement urbain et au calcul des débits d'eau pluviale et les chapitres II et III au calcul des ouvrages d'assainissement à écoulement libre. Les chapitres IV et V traitent des « ouvrages courts » (siphons, pompes, écoulement forcé et écoulement sans viscosité, etc.), des organes spéciaux ou annexes, des branchements des réseaux. Le dernier chapitre apprend à rédiger et présenter un projet ou programme d'assainissement.

Décentralisation et progrès technique, par Jean-François Gravier. 1 vol. 14×23, 394 p., 112 fig. et cartes. Le Portulan (chez Flammarion), Paris, 1954. Prix : 1 150 F.

L'auteur de *Paris et le désert français* reprend ici avec une vigueur nouvelle les thèses qu'il défend depuis longtemps. La nécessité de décentraliser l'économie en forme le bastion central ; l'aménagement rationnel du territoire est étudié

sous forme de courts chapitres, illustrés chacun de cartes ou de graphiques significatifs ; la documentation est abondante, le style précis, la démonstration claire. Signalons en particulier : le charbon en Europe, les chemins de fer et les transports routiers, les salaires parisiens et provinciaux, la crise phylloxérique, les banlieues, les terres incultes et les jachères, ainsi que les monographies des Alpes du Sud, de la Lozère et du Bas-Languedoc, où sont passées en revue les possibilités de développement de ces régions « sous-développées ». On peut ne pas suivre l'auteur quand il estime possible un accroissement de l'emploi à la campagne, l'accuser d'avoir oublié les arguments en faveur d'un regroupement. Cependant il pose clairement le problème de la modernisation du pays ; ouvrage « dynamique » et jeune, d'une utilité incontestable pour le géographe, l'administrateur, l'auteur de tout travail de planification, auxquels il donnera à réfléchir.

A NOS LECTEURS

LA LIBRAIRIE DUNOD

92, rue Bonaparte, PARIS-6e

se tient à la disposition des lecteurs de LA NATURE pour leur procurer dans les meilleurs délais **les livres analysés dans cette chronique** et, d'une façon plus générale, tous les livres scientifiques et techniques français et étrangers.

Un Volume jubilaire des Naturalistes Parisiens

Pour commémorer le cinquantième anniversaire de leur association, les « Naturalistes Parisiens » ont entrepris la publication d'un Volume jubilaire qui constituera le tome **10** des *Cahiers des Naturalistes*.

Ce volume, dont la publication est prévue pour mars 1955, comprendra une liste des membres de l'Association et les tables analytiques des matières des dix premiers tomes des *Cahiers*, ainsi que des articles de fond, notamment : Clé analytique des mousses de la plaine française, par P. Doignon ; Sources bibliographiques de l'entomologiste, par C. Dupuis ; Protection de la nature dans les régions surpeuplées, par H. Flon ; Radioactivité des eaux, des roches et des sédiments, par M. Geslin ; Cinquante ans de géologie du Bassin de Paris et de l'Ile-de-France, par R. Soyer ; Aspects de la végétation du Gâtinais, par R. Virot ; etc.

Le Volume jubilaire est en souscription au prix de 1 000 F pour les membres français des Naturalistes Parisiens. Passé le 1er février, la souscription sera close, et le volume sera mis en vente au prix de 1 200 F. Souscription aux Naturalistes Parisiens, 57, rue Cuvier, Paris, 5e, C.C.P. Paris 7366-10.

Le dossier des soucoupes volantes, par Donald E. Keyhoe. 1 vol. 15×21, 256 p., 4 photos hors-texte. Hachette, Paris, 1954. Prix : 650 F.

Déjà en 1951, dans son livre *Les soucoupes volantes existent*, le major Keyhoe affirmait que l'U. S. Air Force connaissait le mot de l'énigme et le cachait au public. Pourquoi ? Il ne nous l'apprend toujours pas. L'auteur a pourtant continué son enquête, il croit maintenant qu'il existe quelque part dans l'univers des êtres plus avancés que nous en navigation interplanétaire. Le dossier des faits, des constats d'observation sérieux est assez maigre ; le livre est surtout plein des péripéties de l'enquête et on ne nous fait grâce d'aucun dialogue du major avec les officiels.

PETITES ANNONCES

(165 F la ligne, taxes comprises. Supplément de 100 F pour domiciliation aux bureaux de la revue).

PARQUEZ VOS BÊTES, PROTÉGEZ VOS CULTURES AVEC
LA CLÔTURE ÉLECTRIQUE
CLOSELEC
30 RUE St-AUGUSTIN - PARIS-2e

VIENT DE PARAITRE

MÉTALLURGIE STRUCTURALE THÉORIQUE

Par **A. H. COTTRELL**
B. Sc., Ph. D.
Professeur de métallurgie physique à l'Université de Birmingham

Traduit de l'anglais par **A. SAULNIER**
Chef de la section Métallographie
au service des recherches et essais physiques de la Cie Péchiney

Préface de **A. GUINIER**
Professeur à la Sorbonne et au C. N. A. M.

Indispensable pour l'étude des métaux, le livre de A. H. COTTRELL forme une transition logique entre la métallurgie empirique et la métallurgie scientifique.

330 pages 14×22, avec 96 fig. 1955. Relié toile..... **2 450 F**

En vente dans toutes les bonnes librairies et chez

92, rue Bonaparte
C.C.P. Paris 75-45
DUNOD
Éditeur, Paris-6e.
Tél. : DAN 99-15

VIENT DE PARAITRE

COLLECTION « LES HEURES SCIENTIFIQUES »

COMMENT SE MEUVENT LES ANIMAUX

Par
J. GRAY
Professeur de Zoologie à l'Université de Cambridge

Traduit de l'anglais par
H. COUPPIÉ

128 pages 14×22, avec 75 fig. 1955. Broché..... **480 F**

En vente dans toutes les bonnes librairies et chez

92, rue Bonaparte
C.C.P. Paris 75-45
DUNOD
Éditeur, Paris-6e.
Tél. : DAN 99-15

Le gérant : F. Dunod. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 1er TRIMESTRE 1955, N° 2736. — IMPRIMÉ EN FRANCE.
BARNÉOUD FRÈRES ET Cie, IMPRIMEURS (310566), LAVAL, N° 3066. — 1-1955.

Sauvé du cancer !

Le cancer du larynx, provoqué par les goudrons du tabac, est l'une des plus fréquentes parmi les maladies du fumeur. Seul, l'abandon du tabac (notamment en cas de toux chronique) permet d'y échapper. Jusqu'à présent, le fumeur devait uniquement compter sur sa volonté de renoncer du jour au lendemain à la cigarette ou à la pipe. Inutile de dire que les résultats étaient décevants. Or, un laboratoire français vient de découvrir un remède inoffensif et d'une efficacité totale qui, sans que le fumeur s'en aperçoive, supprime l'envie de fumer en quelques jours. Ceux de nos lecteurs qui désireraient se documenter à ce propos peuvent écrire à Nicostop (labo 799), boulevard de Strasbourg, n° 59, Paris, qui leur adressera *gratuitement* son intéressante brochure *Le Tabac démasqué*.

VIENT DE PARAITRE

MONSIEUR TOMPKINS S'EXPLORE LUI-MÊME

OU

LES MYSTÈRES DE LA VIE

par George GAMOW

144 pages 16×22, avec 24 figures. 1955. Broché.... 480 F

M. TOMPKINS AU PAYS DES MERVEILLES... 460 F
MONSIEUR TOMPKINS EXPLORE L'ATOME.. 440 F

En vente dans toutes les bonnes librairies et chez

92, rue Bonaparte
C.C.P. Paris 75-45

Éditeur, Paris-6e.
Tél. : DAN 99-15

Lisez

SCIENCE et SOCIÉTÉ

publication trimestrielle

- études inédites sur les événements et les tendances d'aujourd'hui
- critiques détaillées des principaux livres, documents et articles qui traitent des effets sociaux de la science

abonnement annuel : 450 F
spécimen sur demande

19, Av. Kléber, Paris

Envoyer les abonnements directement
à la Librairie de l'UNESCO
19, Avenue Kléber, PARIS XVIe
C.C.P. PARIS 21-27-90, Société Générale,
Compte n° 13801
45, Avenue Kléber, PARIS XVIe

VOL. V - N° 4 - Hiver 1954 :

LA MÉDECINE MODERNE SCIENTIFIQUE ET SOCIALE

Introduction
Le progrès technique
Les transformations sociales
Les problèmes actuels
Les difficultés psychologiques
A la recherche des solutions d'avenir,
par Henry PEQUINOT

★

REVUE DES LIVRES ET DES PUBLICATIONS

A NOS LECTEURS

Un événement dans la reproduction d'œuvres de grands maîtres

●

Un courrier de plus en plus important prouve que nos lecteurs prennent connaissance avec intérêt des nombreuses listes publiées dans nos colonnes.

Nous rappelons aux amateurs que, sur simple demande, nous expédions sans aucun engagement le CATALOGUE 54, *le « Musée chez Soi » donnant la liste complète de nos reproductions sur papier des Établissements Braun.*

P. CÉZANNE. — *Les Joueurs de Cartes.*

A l'occasion des Fêtes, nous sommes particulièrement heureux de pouvoir offrir à nos lecteurs des reproductions présentées sous un aspect entièrement nouveau :

« **Montées sur toile et sur châssis** ».

Cette nouvelle technique brevetée rend, pour la première fois, *l'aspect et la matière* de la peinture.

Ce procédé permet, par une vision en surface et en profondeur, d'avoir un véritable reflet du chef-d'œuvre original.

Les qualités de la matière employée pour matérialiser le relief de la peinture assurent à la reproduction la résistance de l'original lui-même.

Enfin, ces reproductions entoilées, présentées dans de luxueux cadres de styles anciens ou modernes suivant le cas, forment un ensemble parfait, qui donnera satisfaction aux amateurs les plus exigeants.

Le nombre de ces reproductions est très limité. Nous conseillons aux lecteurs intéressés de passer leur commande par retour ; les livraisons étant toujours assurées dans l'ordre des commandes.

Envoyer le bon spécial ci-contre en soulignant les titres retenus.

BON SPÉCIAL N° 8

à remplir dès réception de « LA NATURE » et à retourner à

ARTS, LETTRES ET TECHNIQUES

1, place Paul-Painlevé, PARIS Ve - Tél. DANTON 83-84

Veuillez expédier à l'adresse suivante :

NOM (en capitales).....
Prénoms ..... *Profession*.....
rue ..... *N°* .....
à .....
Département ..... *Gare* .....

dans votre emballage spécial — FRANCO et sans aucun frais (sauf douane) les reproductions suivantes entoilées et encadrées, format 60 × 70 environ, y compris cadre de luxe **au prix de 12 900 frs l'une.**

1. **Bosch. *L'Escamoteur.***
2. **Brueghel. *Bouquet de Fleurs.***
3. **P. Cézanne. *Les Joueurs de Cartes.***
4. **E. Degas. *Danseuse sur la scène.***
5. **E. Manet. *L'Enfant aux Cerises.***
6. **C. Monet. *Les Coquelicots.***
7. **C. Pissarro. *Entrée de Village.***
8. **A. Renoir. *Moulin de la Galette.***
9. **A. Sisley. *Rue à Louveciennes.***
10. **Van Gogh. *L'Homme à la Pipe.***
11. **Van Gogh. *La Roulotte.***
12. **Van der Weyden. *Annonciation.***

Nous rappelons à nos lecteurs, que sur **spécification expresse** de leur part, nous continuons à expédier toutes ces reproductions en héliochromie sur papier, dans le même format, au prix unitaire de **5 800 frs** franco, cadre compris.

Je vous remets ci-inclus un chèque — mandat-poste — virement postal (1) de frs..... ou bien — je vous réglerai au comptant, à réception, contre remboursement — par chèque bancaire — par versement à votre C.C.P. Paris 9776-34 (1).

A..... le..... 1954

Signature :

(1) Rayer les mentions inutiles.

Une heureuse résurrection des automates et boîtes à musique

LA BIBLIOTHÈQUE - BAR

« BOITE A MUSIQUE »

Une originale et amusante idée, réalisée par un artisan du " Vieux-Paris "

Ces authentiques livres du XVIIIe siècle, aux reliures anciennes pleine peau, apportent toujours une note de bon goût sur un meuble ou dans une bibliothèque.

...Et, si vous voulez offrir un Vieil Armagnac à vos amis, n'hésitez pas à ouvrir ces livres. Vos invités seront d'abord agréablement surpris car, dans les pages découpées, tout l'intérieur artistiquement gainé forme une cave à liqueurs où sont encastrés 6 jolis verres et un ravissant carafon assorti ; le tout en demi-cristal, garanti 14 p. 100 de plomb.

Dès l'ouverture des livres, la musique égrène ses notes et l'exquise fraîcheur de ce timbre propre aux seuls automates, finira de charmer vos convives.

Voici donc **un cadeau à la fois original, amusant et de bon goût,** qui chez vous ou chez vos amis, sera toujours apprécié et admiré par tous.

BON DE COMMANDE : à retourner à

ARTS, LETTRES ET TECHNIQUES, 1, Place Paul-Painlevé, Paris (5e)

Veuillez expédier à l'adresse suivante :

Nom....., *Prénoms*.....

Rue ....., *N°* ...., *à* ....., *Dépt* .....

1 Bibliothèque-Bar n° 921, grand modèle, avec 6 verres, 1 carafon et mouvement musical, déclenchement automatique, au prix de.. **17 900** frs

1 Bibliothèque-Bar n° 922, petit modèle, avec 6 verres et mouvement musical, déclenchement automatique, au prix de..... **10 900** frs

1 Bibliothèque-Bar n° 923, petit modèle, avec 6 verres sans mouvement musical, au prix de ..... **7 900** frs

Je vous remets ci-inclus un chèque, ou je verse à votre C.C.P. 9776-34 Paris, la somme de ..... ou je réglerai contre remboursement (1)

Signature :

1. Rayer les mentions inutiles.

MASSON ET Cie — *ÉDITEURS, PARIS*

GÉOLOGIE DES BARRAGES

ET DES AMÉNAGEMENTS HYDRAULIQUES

par

M. GIGNOUX
de l'Académie des Sciences
Professeur à l'Université
et à l'École Nationale Supérieure d'Hydraulique de Grenoble

R. BARBIER
Professeur à l'Université

Cet ouvrage, inspiré par les enseignements donnés depuis 25 ans à l'École Nationale Supérieure d'Hydraulique de Grenoble, est en même temps — et surtout — le fruit d'une longue collaboration pratique avec les techniciens et les géologues des barrages. A propos de chacun des problèmes géologiques posés par les grands barrages, les bassins de retenue, les tunnels de dérivation..., les auteurs décrivent en détail de nombreux exemples tirés d'aménagements réalisés et projetés en tous pays. Il y a lieu également de mentionner l'ensemble de l'iconographie, documentation exceptionnelle de 28 planches photographiques et 176 schémas.

Un volume de 344 pages, 176 figures, 28 planches photographiques h. t. . . . Broché : **2 800** fr.
Cartonné toile : **3 500** fr.

Le gérant : F. Dunod. — Dunod, Éditeur, Paris. — Dépôt légal : 1er trimestre 1955, N° 2736. — Imprimé en France.
Barnéoud frères et Cie, imprimeurs (310566), Laval, N° 3066. — 1-1955.